

ABSTRACT AND REFERENCES

APPLIED MECHANICS

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311324

IDENTIFYING POSSIBLE WAYS FOR ADAPTING AN OPEN WAGON FOR TRANSPORTING CONTAINERS

(p. 6–14)

Sergii PanchenkoUkrainian State University of Railway Transport,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7626-9933>**Alyona Lovska**Ukrainian State University of Railway Transport,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8604-1764>**Arsen Muradian**

Odessa National Maritime University, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6488-6627>**Yevhen Pelypenko**National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8988-791X>**Pavlo Rukavishnykov**Ukrainian State University of Railway Transport,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9670-3071>**Oleksii Demydiukov**

Odessa National Maritime University, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4791-3830>

The object of this study is the processes of perception and redistribution of loads in the supporting structure of an open wagon loaded with containers, taking into account the new scheme of their fastening.

For safe transportation of containers in an open wagon, it is suggested to use a removable module. This module works according to the principle of an intermediate adapter between the container and the open wagon body. Fastening of the module itself in the open wagon is carried out through the fitting stops, which are placed on the floor of the open wagon.

Mathematical modeling was carried out to determine the longitudinal dynamic load acting on the container fixed according to the new scheme in the open wagon. To this end, a mathematical model was built that characterizes the longitudinal movements of the “open wagon - removable module - container” system. Determination of the accelerations that act on the supporting structure of the open wagon loaded with containers was also carried out by means of computer simulation. Verification of the formed model of the dynamic load of the open wagon was carried out according to the F-criterion. Also, as part of the study, a modal analysis of the load-bearing structure of an open wagon loaded with containers was carried out, which made it possible to assess its traffic safety.

A feature of the results obtained as part of the research is that the proposed design of the removable module could be used not only for fastening containers but also for transportation of other types of cargo.

The field of practical application of the results is railroad transport, including other transportation industries. The conditions for the practical use of the results are a symmetrical scheme of loading the body of an open wagon with containers.

The results of this study will contribute to increasing the efficiency of container transportation and the profitability of railroad transport.

Keywords: railroad transport, open wagon, structure adaptation, loading of an open wagon, longitudinal dynamics, container transportation.

References

1. 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. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/5/052070>
2. Caban, J., Nieoczym, A., Gardyński, L. (2021). Strength analysis of a container semi-truck frame. *Engineering Failure Analysis*, 127, 105487. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105487>
3. Berescu, C., Fratila, C., Axinte, T., Diaconu, M., Cojocaru, R. (2020). The mechanism's study of fixing a container on a freight wagon type Rgs. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 916 (1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/916/1/012010>
4. Panchenko, S., Gerlici, J., Vatulia, G., Lovska, A., Pavliuchenkov, M., Kravchenko, K. (2022). The Analysis of the Loading and the Strength of the FLAT RACK Removable Module with Viscoelastic Bonds in the Fittings. *Applied Sciences*, 13 (1), 79. <https://doi.org/10.3390/app13010079>
5. Reidemeister, O. H., Kalashnyk, V. O., Shykunov, O. A. (2016). Modernization as a way to improve the use of universal cars. *Science and Transport Progress*, 2 (62), 148–156. <https://doi.org/10.15802/stp2016/67334>
6. Shaposhnyk, V., Shykunov, O., Reidemeister, A., Muradian, L., Potapenko, O. (2021). Determining the possibility of using removable equipment for transporting 20- and 40-feet-long containers on an universal platform wagon. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (7 (109)), 14–21. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225090>
7. Gerlici, J., Lovska, A., Vatulia, G., Pavliuchenkov, M., Kravchenko, O., Solčanský, S. (2023). Situational Adaptation of the Open Wagon Body to Container Transportation. *Applied Sciences*, 13 (15), 8605. <https://doi.org/10.3390/app13158605>
8. Rzeczycki, A., Wiśnicki, B. (2016). Strength Analysis of Shipping Container Floor with Gooseneck Tunnel under Heavy Cargo Load. *Solid State Phenomena*, 252, 81–90. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.252.81>
9. Dočkalíková, I., Cempírek, V., Indruchová, I. (2020). Multimodal Transport as a Substitution for Standard Wagons. *Transportation Research Procedia*, 44, 30–34. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.005>
10. Nikitchenko, A., Artiukh, V., Shevchenko, D., Prakash, R. (2016). Evaluation of Interaction Between Flat Car and Container at Dynamic Coupling of Flat Cars. *MATEC Web of Conferences*, 73, 04008. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20167304008>
11. Gerlici, J., Vatulia, G., Lovska, A., Skurikhin, D., Harušinec, J., Suchánek, A., Ishchuk, V. (2023). The Strength of the Open Wagon Body when Transporting Containers. *Proceedings of 27th International Scientific Conference. Transport Means 2023. Kaunas*, 440–445. Available at: https://www.researchgate.net/publication/375060292_The_Strength_of_the_Open_Wagon_Body_when_Transporting_Containers

12. Vorobiov, V. V., Vorobiova, L. D., Kyba, S. P. (2020). Osnovy prykladnoi teorii kolyvan. Kremenichuk: PP Shcherbatykh O.V., 156. Available at: http://document.kdu.edu.ua/metod/2020_2201.pdf
13. Symonovskiy, V. I. (2012). Teoriya kolyvan. Sumy: Sumskiy derzhavnyi universytet, 71. Available at: <https://core.ac.uk/reader/14059504>
14. Sobolenko, O. V., Petrechuk, L. M., Ivashchenko, Yu. S., Yehortseva, Ye. Ye. (2020). Metody rishennia matematychnykh zadach u seredovyshchi Mathcad. Dnipro, 60. Available at: https://nmetau.edu.ua/file/navch_posibn_mathcad_2020_petrechuk.pdf
15. Siasiev, A. V. (2004). Vstup do systemy MathCad. Dnipropetrovsk, 108.
16. Soukup, J., Skočilas, J., Skočilasová, B., Džžo, J. (2017). Vertical Vibration of Two Axle Railway Vehicle. *Procedia Engineering*, 177, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.178>
17. Džžo, J. (2016). Analysis of a Goods Wagon Running on a Railway Test Track. *Manufacturing Technology*, 16 (4), 667–672. <https://doi.org/10.21062/ujep.x.2016/a/1213-2489/mt/16/4/667>
18. Koziar, M. M., Feshchuk, Yu. V., Parfeniuk, O. V. (2018). Kompiuterna hrafika: SolidWorks. Kherson: Oldi-plus, 252. Available at: <https://ep3.nuwm.edu.ua/22175/1/Комп%27ютерна%20графіка.pdf>
19. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.43749>
20. Panchenko, S., Gerlici, J., Vatulia, G., Lovska, A., Rybin, A., Kravchenko, O. (2023). Strength Assessment of an Improved Design of a Tank Container under Operating Conditions. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 25 (3), B186–B193. <https://doi.org/10.26552/com.c.2023.047>
21. Vatulia, G., Lovska, A., Pavliuchenkov, M., Nerubatskiy, V., Okorokov, A., Hordiienko, D. et al. (2022). Determining patterns of vertical load on the prototype of a removable module for long-size cargoes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (120)), 21–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266855>
22. Kondratiev, A., Pišték, V., Smovziuk, L., Shevtsova, M., Fomina, A., Kučera, P. (2021). Stress–Strain Behaviour of Repairable Composite Panel with Step-Variable Thickness. *Polymers*, 13 (21), 3830. <https://doi.org/10.3390/polym13213830>
23. Herych, M. S., Syniavska, O. O. (2021). Matematychna statystyka. Uzhhorod: DVNZ “UzhNU”, 146. Available at: <https://dSPACE.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/34910>
24. Ohirko, O. I., Halaiko, N. V. (2017). Teoriya ymovirnostei ta matematychna statystyka. Lviv: LvDUVS, 292. Available at: <https://dSPACE.lvduvs.edu.ua/bitstream/1234567890/629/1/теорія%20ймовірностей%20підручник.pdf>
25. Perehuda, O. V., Kapustian, O. A., Kurylko, O. B. (2022). Statystychna obrobka danykh. Kyiv, 103. Available at: http://www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2022/02/navch_pos_perehuda.pdf

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313935

DEFINING A PATTERN IN THE LOSS OF INTEGRITY BY RIBBED PLATES UNDER FIRE CONDITIONS (p. 15–24)

Stanislav Sidnei

Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7664-6620>

Serhii Gonchar

Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4806-7012>

Maxim Zhuravskij

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-8600>

Ihor Matsyk

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7334-3934>

Ihor Nozhko

Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1554-0088>

Olena Petukhova

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4832-1255>

Taras Shnal

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4226-9513>

Viktor Vykhrystenko

Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1477-3835>

This paper reports a study aimed at assessing fire resistance of reinforced concrete ribbed slabs at the onset of integrity loss limit state. EN 1992-1-2 lacks calculation methodology for determining the limit of fire resistance of reinforced concrete slabs when the limit state of integrity loss occurs. Scientific works are focused on two limit states of fire resistance: load-bearing capacity and heat-insulating capacity. Experimental tests are criticized because of difficulties in registering signs of the onset of the limit state of loss of integrity, in particular due to the need to control the unheated surface of the ribbed plate during a fire under the action of mechanical load. Therefore, there is no calculation methodology for assessing the fire resistance of reinforced concrete ribbed slabs upon the onset of the limit state of loss of integrity. At the same time, to ensure the safe evacuation of people in the event of a fire, to prevent the spread of fire, as well as to carry out the effective work of rescuers, it is necessary to use building structures with guaranteed fire resistance classes.

The paper reports the results of solving thermal engineering and static problems, which relate to the temperature distribution and stress-strain state of the investigated ribbed plate. Conducting research into the fire resistance of reinforced concrete ribbed slabs, taking into account the onset of the limit state of loss of integrity, made it possible to establish the dependence of the fire resistance limit of these structures on the loss of integrity on the level of applied mechanical load. The resulting dependence plot makes it possible to evaluate reinforced concrete ribbed slabs according to the criterion of the onset of the limit state of loss of integrity, which provides an opportunity to determine fire resistance more objectively.

Keywords: fire resistance of reinforced concrete ribbed slabs, fire modeling, through cracks, loss of integrity.

References

1. Hu, R., Chen, K., Jiang, W., Luo, H. (2024). IFC data extension for real-time safety monitoring of automated construction in high-rise building projects. *Automation in Construction*, 162, 105408. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105408>
2. Salihu, F., Guri, Z., Cvetkovska, M., Pllana, F. (2023). Fire Resistance Analysis of Two-Way Reinforced Concrete Slabs. *Civil En-*

- gineering Journal, 9 (5), 1085–1104. <https://doi.org/10.28991/cej-2023-09-05-05>
3. Eurocodes. Background and applications: structural fire design. Worked examples (2014). European Union. <https://doi.org/10.2788/85432>
 4. Sidnei, S., Berezovskyi, A., Kasiarum, S., Lytvynenko, O., Chastokolenko, I. (2023). Revealing patterns in the behavior of a reinforced concrete slab in fire based on determining its stressed and deformed state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (7 (125)), 43–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289930>
 5. Vasilchenko, A., Danilin, O., Lutsenko, T., Ruban, A. (2021). Features of Evaluation of Fire Resistance of Reinforced Concrete Ribbed Slab under Combined Effect “Explosion-Fire.” *Materials Science Forum*, 1038, 492–499. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038.492>
 6. Buchanan, A. H., Abu, A. K. (2016). *Structural Design for Fire Safety*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118700402>
 7. Dzidic, S. (2023). Fire Resistance of Reinforced Concrete Slabs. *Reinforced Concrete Structures - Innovations in Materials, Design and Analysis*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1001046>
 8. Kildashti, K., Katwal, U., Tao, Z., Tam, V. (2024). Numerical simulation of steel-concrete composite beams and slabs at elevated temperatures. *Engineering Structures*, 315, 118297. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.118297>
 9. Nuianzin, O., Kozak, A., Kostenko, V., Kryshstal, M., Nuianzin, V., Nekora, O. (2023). The research of the fire resistance limits of a reinforced concrete slab according to the results of fire tests without mechanical load. *Strength of Materials and Theory of Structures*, 110, 264–276. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.264-276>
 10. Qin, D., Gao, P., Aslam, F., Sufian, M., Alabduljabbar, H. (2022). A comprehensive review on fire damage assessment of reinforced concrete structures. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e00843. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00843>
 11. Sidnei, S., Nuianzin, V., Kostenko, T., Berezovskyi, A., Wąsik, W. (2023). A Method of Evaluating the Destruction of a Reinforced Concrete Hollow Core Slab for Ensuring Fire Resistance. *Journal of Engineering Sciences*, 10 (2), D1–D7. [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).d1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).d1)
 12. Sidnei, S., Myroshnyk, O., Kovalov, A., Veselivskyi, R., Hryhorenko, K., Shnal, T., Matsyk, I. (2024). Identifying the evolution of through cracks in iron-reinforced hollow slabs under the influence of a standard fire temperature mode. *Applied Mechanics*, 4 (7 (130)), 70–77. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310520>
 13. Perehin, A., Nuianzin, O., Shnal, T., Shchipets, S., Myroshnyk, O. (2023). Improvement of means for assessing fire resistance of fragments of reinforced concrete structures. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/5.0120061>
 14. Kovalov, A., Otrosh, Y., Ostroverkh, O., Hrushovinchuk, O., Savchenko, O. (2018). Fire resistance evaluation of reinforced concrete floors with fire-retardant coating by calculation and experimental method. *E3S Web of Conferences*, 60, 00003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000003>
 15. Li, B., Lin, Y. Q., Zhang, H. L., Ma, M. J. (2019). Fire Behavior of the Assembled Monolithic Hollow-Ribbed Slabs. *Advances in Civil Engineering*, 2019 (1). <https://doi.org/10.1155/2019/8921502>
 16. Zafarullah, N., Ameir, E., Nakayama, A., Muhammad Bilal, H. S. (2022). Determination of structural reliability of a reinforced concrete slab under fire Load. *E3S Web of Conferences*, 347, 01009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234701009>
 17. Law, A., Bisby, L. (2020). The rise and rise of fire resistance. *Fire Safety Journal*, 116, 103188. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103188>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313102

CONSTRUCTION OF A BALLISTIC MODEL OF THE MOTION OF UNCONTROLLED CARGO DURING ITS AUTONOMOUS HIGH-PRECISION DROP FROM A FIXED-WING UNMANNED AERIAL VEHICLE (p. 25–33)

Andrii Humennyi

National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1020-6304>

Sergey Oleynick

National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6073-8531>

Pavlo Malashta

National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2652-1507>

Oleksandr Pidlisnyi

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7805-8232>

Vitalii Aleinikov

National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4109-4375>

The object of this study is the process related to the fall of an uncontrolled cargo from a height of 400–600 meters relative to sea level in an air environment under the influence of gravity, air drag, and wind in the presence of an initial air speed of about 20 m/s. The study solves the task to build a ballistic model of the movement of an unguided cargo during autonomous high-precision dropping from an unmanned aerial vehicle of aircraft type. A system of equations was derived that explicitly describes the dependence of the cargo's travel speed and coordinates on time and takes into account the effect of gravity, air drag, and the influence of wind. The scope of application of the equations corresponds to drop heights of up to 400 m relative to the surface of the earth and the initial horizontal speed of the cargo up to 20 m/s. The resulting equations were analyzed using an example of a spherical load weighing 10 kg and the largest cross-sectional area of $7.1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ when it falls from heights of 200, 300, and 400 m relative to the earth's surface. In the absence of wind, the horizontal component of the load's speed at the moment of falling is $\approx (13\text{--}15) \text{ m/s}$, and the vertical component is $\approx (50\text{--}60) \text{ m/s}$. At the same time, the horizontal displacement of the load under the conditions of a weak crosswind can reach $\approx (150\text{--}220) \text{ m}$. With a vertical wind speed profile, the equivalent constant wind speed can be determined, resulting in the same effect on the load as a variable speed wind. An algorithm for determining the point of unloading the cargo has been proposed. The cargo delivery error has been evaluated. The most important parameters are the flight time of the cargo and the drop height. In order to achieve a hit accuracy of $\pm 5 \text{ m}$, an error in determining the time of the fall of the load is not more than $\approx 0.16 \text{ s}$, and an error in determining the height of the drop is not more than $\pm 8 \text{ m}$.

Keywords: ballistic model of motion, cargo drop, aircraft-type unmanned aerial vehicle.

References

1. Darvishpoor, S., Roshanian, J., Raissi, A., Hassanalian, M. (2020). Configurations, flight mechanisms, and applications of unmanned

- aerial systems: A review. *Progress in Aerospace Sciences*, 121, 100694. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2020.100694>
2. Telli, K., Kraa, O., Himeur, Y., Ouamane, A., Boumezhaz, M., Atalla, S., Mansoor, W. (2023). A Comprehensive Review of Recent Research Trends on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Systems*, 11 (8), 400. <https://doi.org/10.3390/systems11080400>
 3. Hassanalian, M., Abdelkefi, A. (2017). Classifications, applications, and design challenges of drones: A review. *Progress in Aerospace Sciences*, 91, 99–131. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2017.04.003>
 4. Petruk, V. H., Bondarchuk, O. V., Trach, I. A., Panasiuk, O. Yu., Tsaruk, Yu. I., Vakoliuk, V. D. (2016). *Ekoheohrafiia ta ekoturizm*. Vinnytsia: TOV «Nilan-LTD», 178. Available at: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi74/0054541.pdf>
 5. Shimanovsky, A. V. (2016). Creation of unique long-span constructions with the use of modern methods of mechanics. *Visnik Nacional'noi Akademii Nauk Ukraini*, 01, 86–93. <https://doi.org/10.15407/visn2016.01.086>
 6. Tekhnichni kharakterystyky BpAK PD-2. Available at: <https://ukrspecsystems.com/uk/drones/pd-2-uas>
 7. Mathisen, S. G., Leira, F. S., Helgesen, H. H., Gryte, K., Johansen, T. A. (2020). Autonomous ballistic airdrop of objects from a small fixed-wing unmanned aerial vehicle. *Autonomous Robots*, 44 (5), 859–875. <https://doi.org/10.1007/s10514-020-09902-3>
 8. Liuswanto, C., Jenie, Y. I. (2021). Modelling and design of flight control for quadcopter in ballistic airdrop mission under wind perturbation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1173 (1), 012064. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1173/1/012064>
 9. Yang, S., Jeon, S. (2019). Recursive Path Planning and Wind Field Estimation for Precision Airdrop. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 42 (6), 1429–1437. <https://doi.org/10.2514/1.g003944>
 10. Mitridis, D., Mathioudakis, N., Panagiotou, P., Yakinthos, K. (2021). Development of a Cargo Airdrop Modeling Method for a Tactical Blended-Wing-Body UAV. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1024 (1), 012044. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1024/1/012044>
 11. Ivanovic, A., Orsag, M. (2022). Parabolic Airdrop Trajectory Planning for Multirotor Unmanned Aerial Vehicles. *IEEE Access*, 10, 36907–36923. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3164434>
 12. Mardiyanto, R., Pujiatara, M., Suryatomojo, H., Dikairono, R., Irfansyah, A. N. (2019). Development of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Dropping Object Accurately Based on Global Positioning System. 2019 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), 86–90. <https://doi.org/10.1109/isitia.2019.8937269>
 13. Mathisen, S. H., Grindheim, V., Johansen, T. A. (2017). Approach Methods for Autonomous Precision Aerial Drop from a Small Unmanned Aerial Vehicle. *IFAC-PapersOnLine*, 50 (1), 3566–3573. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.624>
 14. Petrov, V., Shalyhin, A., Kudriavtsev, A. (2020). Methodical approach to the solution of the objective of the aim for discharge of freely falling goods from unmanned aircraft. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, 1 (38), 84–90. <https://doi.org/10.30748/nitps.2020.38.10>
 15. Netrobchuk, I. M. (2019). *Meteorolohiya ta klimatolohiya*. Lutsk: Vezha-Druk, 108.
 16. Chellali, F., Khellaf, A., Belouchrani, A. (2012). Identification and analysis of wind speed patterns extracted from multi-sensors measurements. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27 (1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s00477-012-0558-0>
 17. Touma, J. S. (1977). Dependence of the Wind Profile Power Law on Stability for Various Locations. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 27 (9), 863–866. <https://doi.org/10.1080/00022470.1977.10470503>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314141

IDENTIFYING THE PARAMETERS AND OPERATION MODES OF THE CAVITATION APPARATUS TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF THE PROCESSING MATERIAL (p. 34–43)

Iryna Bernyk

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1367-3058>

Ivan Nazarenko

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1888-3687>

Andrii Zapryvoda

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9171-9325>

Natalia Bolharova

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4274-7703>

Mykola Ruchynskyi

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9362-292X>

Tetiana Nesterenko

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2387-8575>

The object of this study is dynamic pressure that takes into account the main parameters of technological process. Under real conditions of cavitation apparatus operation, a discrepancy between actual and calculated parameters of 30–50 % was found, which significantly reduces the efficiency and quality of material processing. The problem was solved through a joint study of the movement of the acoustic apparatus and the technological environment as a single structured system taking into account the influence of materials. This is a peculiarity of the approach and distinctive features of the results in comparison with existing ones, in which the research was conducted separately for the processing material and the cavitation apparatus. The model proposed in the work reflects the elastic, inertial, and dissipative parameters in the equations of motion, provided that their changes are taken into account, both in the acoustic apparatus and in the technological material. This approach has made it possible to reveal the physical essence of the interaction and analytically describe their joint movement. The resulting analytical dependences made it possible to calculate and propose numerical values of vibration amplitudes in the range of 4.0...20.0 μm , sound pressure values in the range of 5.0...30.0 $\cdot 10^3$ Pa for media with a viscosity of $(10\text{--}200) \cdot 10^{-3}$ Pa·s. With the set value of the amplitude, it is possible to assign the necessary parameters for the implementation of the cavitation process. The developed calculation algorithm ensures the reliability of the accepted models and parameters of the cavitation apparatus. The proposed approach of joint study of the movement of the acoustic apparatus and the environment is expedient to use for the practical implementation of ultrasonic treatment. In particular, such processes as dispersion, emulsification, mixing, extraction, and others, in order to increase their efficiency.

Keywords: cavitation apparatus, discrete-continuous model, contact zone, pressure, displacement amplitude, wave coefficient, synergy coefficient.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311324

ВИЯВЛЕННЯ МОЖЛИВИХ ШЛЯХІВ АДАПТАЦІЇ НАПІВВАГОНА ДО ПЕРЕВЕЗЕНЬ КОНТЕЙНЕРІВ (с. 6–14)

С. В. Панченко, А. О. Ловська, А. О. Мурад'ян, Є. С. Пелипенко, П. В. Рукавішников, О. В. Демидюков

Об'єктом дослідження є процеси сприйняття та перерозподілу навантажень в несучій конструкції напіввагону, завантаженого контейнерами з урахуванням нової схеми їх закріплення.

Для безпечного перевезення контейнерів в напіввагоні пропонується використання зйомного модуля. Даний модуль працює за принципом проміжного адаптера між контейнером та кузовом напіввагона. Кріплення самого модуля в напіввагоні здійснюється через фітингові упори, які розміщуються на підлозі напіввагона.

Для визначення повздовжнього динамічного навантаження, яке діє на контейнер, закріплений за новою схемою в напіввагоні, проведено математичне моделювання. Для цього сформовано математичну модель, яка характеризує повздовжні переміщення системи «напіввагон – зйомний модуль – контейнер». Визначення прискорень, які діють на несучу конструкцію напіввагона, завантаженого контейнерами, проведено також шляхом комп'ютерного моделювання. Верифікацію сформованої моделі динамічної навантаженості напіввагона здійснено за F-критерієм. Також в рамках дослідження проведено модальний аналіз несучої конструкції напіввагона, завантаженого контейнерами, що дозволило оцінити його безпеку руху.

Особливістю отриманих в рамках дослідження результатів є те, що запропонована конструкція зйомного модуля може бути використана не тільки для кріплення контейнерів, а і для перевезень інших типів вантажів.

Сферою практичного застосування отриманих результатів є залізничний транспорт, в тому числі, і інші галузі транспорту. Умовами практичного використання результатів є симетрична схема завантаження кузова напіввагона контейнерами.

Результати даного дослідження сприятимуть підвищенню ефективності контейнерних перевезень та рентабельності залізничного транспорту.

Ключові слова: залізничний транспорт, напіввагон, адаптація конструкції, навантаженість напіввагону, повздовжня динаміка, контейнерні перевезення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313935

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВТРАТИ ЦІЛІСНОСТІ РЕБРИСТИХ ПЛИТ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ (с. 15–24)

С. О. Сідней, С. В. Гончар, М. М. Журавський, І. Р. Мацик, І. О. Ножко, О. А. Петухова, Т. М. Шналь, В. М. Вихристенко

У роботі проведені дослідження з оцінювання вогнестійкості залізобетонних ребристих плит при настанні граничного стану втрати цілісності. У EN 1992-1-2 відсутні розрахункові методики визначення межі вогнестійкості залізобетонних плит при настанні граничного стану втрати цілісності. Наукові праці зосереджені на двох граничних станах вогнестійкості: несучій спроможності та теплоізолювальній здатності. Експериментальні випробування піддаються критиці через труднощі у фіксуванні ознак настання граничного стану втрати цілісності, зокрема через необхідність контролю необігрівної поверхні ребристої плити під час пожежі при дії механічного навантаження. Отже методики проведення розрахунку щодо оцінювання вогнестійкості залізобетонних ребристих плит за настанням граничного стану втрати цілісності немає. При цьому для забезпечення безпечної евакуації людей при виникненні пожежі, запобігання поширенню пожежі, а також проведення ефективної роботи рятувальників необхідно застосування будівельних конструкцій з гарантованими класами вогнестійкості.

У роботі представлені результати вирішення теплотехнічної та статичної задач, які стосуються розподілу температури та напружено-деформованого стану досліджуваної ребристої плити. Проведенні дослідження щодо вогнестійкості залізобетонних ребристих плит з урахуванням настання граничного стану втрати цілісності надали можливість встановити залежність межі вогнестійкості цих конструкцій за втратою цілісності від рівня прикладеного механічного навантаження. Отриманий графік залежності дозволяє проводити оцінювання залізобетонних ребристих плит за критерієм настання граничного стану втрати цілісності, що надає можливість визначати більш об'єктивно вогнестійкість.

Ключові слова: вогнестійкість залізобетонних ребристих плит, моделювання пожежі, наскрізні тріщини, втрата цілісності.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313102

РОЗРОБКА БАЛІСТИЧНОЇ МОДЕЛІ РУХУ НЕКЕРОВАНОГО ВАНТАЖУ ПРИ АВТОНОМНОМУ ВИСОКОТОЧНОМУ СКИДАННІ З БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ЛІТАКОВОГО ТИПУ (с. 25–33)

А. М. Гуменний, С. В. Олійник, П. П. Малашта, О. Д. Підлісний, В. В. Алеїніков

Об'єкт дослідження – процес падіння некерованого вантажу з висот 400 – 600 метрів відносно рівня моря в повітряному середовищі під дією гравітації, сили опору повітря та вітру за наявності початкової повітряної швидкості близько 20 м/с. Дослідження присвячене вирішенню проблеми розроблення балістичної моделі руху некерованого вантажу при автономному високоточному скиданні

з безпілотного літального апарату літакового типу. Отримано систему рівнянь, які в явному вигляді описують залежність шляхової швидкості та координат вантажу від часу і враховують дію гравітації, опір повітря та вплив вітру. Область застосування зазначених рівнянь відповідає висотам скидання до 400 м відносно поверхні землі і початковій горизонтальній швидкості вантажу до 20 м/с. Аналіз отриманих рівнянь було проведено на прикладі вантажу сферичної форми масою 10 кг та площею найбільшого перерізу $7,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$. Встановлено, що за відсутності вітру горизонтальна складова швидкості вантажу в момент падіння дорівнює $\approx (13-15) \text{ м/с}$, а вертикальна $\approx (50-60) \text{ м/с}$. При цьому горизонтальне зміщення вантажу за умов слабого попутного вітру може досягати $\approx (150-220) \text{ м}$. За наявності вертикального профілю швидкості вітру експоненціального ступеневого виду можливо визначити еквівалентну швидкість сталого вітру, який призводить до такого ж впливу на вантаж, як і даний вітер змінної швидкості. Запропоновано алгоритм визначення точки скидання вантажу. Проведено оцінку помилки доставки вантажу. Встановлено, що найбільш важливими параметрами при цьому є час польоту вантажу та висота скидання. Для досягнення точності попадання $\pm 5 \text{ м}$ допустимою є помилка визначення часу падіння вантажу не більше $\approx 0,16 \text{ с}$ і допустимою є помилка визначення висоти скидання не більше $\pm 8 \text{ м}$.

Ключові слова: балістична модель руху, скидання вантажу, безпілотний літальний апарат літакового типу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314141

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ КАВІТАЦІЙНОГО АПАРАТУ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ОБРОБЛЮВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ (с. 34–43)

І. М. Берник, І. І. Назаренко, А. В. Запривода, Н. М. Болгарова, М. М. Ручинський, Т. М. Нестеренко

Об'єктом дослідження являється динамічний тиск, який враховує основні параметри протікання технологічного процесу обробки. В реальних умовах роботи кавітаційного апарату виявлено розбіжність між дійсними та розрахунковими параметрами в межах 30–50 % суттєво знижує ефективність та якість обробки матеріалів. Вирішувалася проблема шляхом спільного дослідження руху акустичного апарату і технологічного середовища, як єдиної структурованої системи за урахування впливу матеріалів. У цьому є особливість підходу та відмінні риси отриманих результатів у порівнянні із існуючими, в яких дослідження проводилися окремо для оброблювального матеріалу та кавітаційного апарату. Запропонована в роботі модель відображає в рівняннях руху пружні, інерційні та дисипативні параметри за умови врахування їх зміни, як в акустичному апараті, так і в технологічному матеріалі. Такий підхід дав можливість розкрити фізичну сутність взаємодії та аналітично описати їх спільний рух. Отримані аналітичні залежності дозволили розрахувати та запропонувати числові значення амплітуд коливань в межах 4,0...20,0 мкм, величину звукового тиску в межах 5,0...30,0 $\cdot 10^5 \text{ Па}$ для середовищ, що мають в'язкість $(10-200) \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$. За встановленого значення амплітуди можливо призначити необхідні параметри реалізації кавітаційного процесу. Розроблений алгоритм розрахунку забезпечує достовірність прийнятих моделей та параметрів кавітаційного апарату. Запропонований підхід спільного дослідження руху акустичного апарату і середовища доцільно використовувати для практичної реалізації ультразвукової обробки. Зокрема таких процесів, як диспергування, емульгування, перемішування, екстрагування та інших, з метою підвищення їх ефективності.

Ключові слова: кавітаційний апарат, дискретно-континуальна модель, контактна зона, тиск, амплітуда переміщення, хвильовий коефіцієнт, коефіцієнт синергії.

з безпілотного літального апарату літакового типу. Отримано систему рівнянь, які в явному вигляді описують залежність шляхової швидкості та координат вантажу від часу і враховують дію гравітації, опір повітря та вплив вітру. Область застосування зазначених рівнянь відповідає висотам скидання до 400 м відносно поверхні землі і початковій горизонтальній швидкості вантажу до 20 м/с. Аналіз отриманих рівнянь було проведено на прикладі вантажу сферичної форми масою 10 кг та площею найбільшого перерізу $7,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$. Встановлено, що за відсутності вітру горизонтальна складова швидкості вантажу в момент падіння дорівнює $\approx (13-15) \text{ м/с}$, а вертикальна $\approx (50-60) \text{ м/с}$. При цьому горизонтальне зміщення вантажу за умов слабого попутного вітру може досягати $\approx (150-220) \text{ м}$. За наявності вертикального профілю швидкості вітру експоненціального ступеневого виду можливо визначити еквівалентну швидкість сталого вітру, який призводить до такого ж впливу на вантаж, як і даний вітер змінної швидкості. Запропоновано алгоритм визначення точки скидання вантажу. Проведено оцінку помилки доставки вантажу. Встановлено, що найбільш важливими параметрами при цьому є час польоту вантажу та висота скидання. Для досягнення точності попадання $\pm 5 \text{ м}$ допустимою є помилка визначення часу падіння вантажу не більше $\approx 0,16 \text{ с}$ і допустимою є помилка визначення висоти скидання не більше $\pm 8 \text{ м}$.

Ключові слова: балістична модель руху, скидання вантажу, безпілотний літальний апарат літакового типу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314141

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ КАВІТАЦІЙНОГО АПАРАТУ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ОБРОБЛЮВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ (с. 34–43)

І. М. Берник, І. І. Назаренко, А. В. Запривода, Н. М. Болгарова, М. М. Ручинський, Т. М. Нестеренко

Об'єктом дослідження являється динамічний тиск, який враховує основні параметри протікання технологічного процесу обробки. В реальних умовах роботи кавітаційного апарату виявлено розбіжність між дійсними та розрахунковими параметрами в межах 30–50 % суттєво знижує ефективність та якість обробки матеріалів. Вирішувалася проблема шляхом спільного дослідження руху акустичного апарату і технологічного середовища, як єдиної структурованої системи за урахування впливу матеріалів. У цьому є особливість підходу та відмінні риси отриманих результатів у порівнянні із існуючими, в яких дослідження проводилися окремо для оброблювального матеріалу та кавітаційного апарату. Запропонована в роботі модель відображає в рівняннях руху пружні, інерційні та дисипативні параметри за умови врахування їх зміни, як в акустичному апараті, так і в технологічному матеріалі. Такий підхід дав можливість розкрити фізичну сутність взаємодії та аналітично описати їх спільний рух. Отримані аналітичні залежності дозволили розрахувати та запропонувати числові значення амплітуд коливань в межах 4.0...20,0 мкм, величину звукового тиску в межах 5,0...30,0 $\cdot 10^5 \text{ Па}$ для середовищ, що мають в'язкість $(10-200) \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$. За встановленого значення амплітуди можливо призначити необхідні параметри реалізації кавітаційного процесу. Розроблений алгоритм розрахунку забезпечує достовірність прийнятих моделей та параметрів кавітаційного апарату. Запропонований підхід спільного дослідження руху акустичного апарату і середовища доцільно використовувати для практичної реалізації ультразвукової обробки. Зокрема таких процесів, як диспергування, емульгування, перемішування, екстрагування та інших, з метою підвищення їх ефективності.

Ключові слова: кавітаційний апарат, дискретно-континуальна модель, контактна зона, тиск, амплітуда переміщення, хвильовий коефіцієнт, коефіцієнт синергії.