

## ABSTRACT AND REFERENCES

## ENGINEERING TECHNOLOGICAL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266161

**DETERMINING THE DEGREE OF EFFECT OF HEAT FLOWS ON THE DEFORMATION OF THE SHELL OF A SPACE INFLATABLE PLATFORM WITH A PAYLOAD (p. 6–16)****Erik Lapkhanov**Institute of Technical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine and State Space Agency of Ukraine, Dnipro, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3821-9254>**Oleksandr Pali**Institute of Technical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine and State Space Agency of Ukraine, Dnipro, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7856-2615>**Aleksandr Golubek**Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7764-6278>

This paper reports a study into the influence exerted by the thermal flows of space environment on the deformation of the shell of a space inflatable platform with a payload. The mathematical model of the effect of temperature fluctuations on the mass-inertial characteristics of the space inflatable platform of an ellipsoidal shape has been improved.

The following assumptions were introduced to the model. The temperature distribution on the illuminated part and the unlit part of the shell is uniform. The gradient of the temperature difference between the illuminated and unlit parts is the same for all points of the shell. To determine deformations, a moment-free theory was used. The model of the space inflatable platform is a «rubber bullet» that works only for stretching and compression. All deformations are elastic.

The advantages and limitations of the use of the developed mathematical model have been determined. Computer simulation of the orbital motion of a space inflatable platform with a payload in a sun-synchronous orbit was carried out. The material of the platform shell is Kapton. Estimates of temperature fluctuations in the illuminated and unlit part of the shell and the temperature of the gas inside it were obtained. The dependence of elastic deformations on temperature was determined, taking into account the Young's modulus of the material. The influence of changes in gas pressure on the movement of payload attachment points and the change in the inertia tensor have been determined. The obtained results showed that the inertia tensor varies within the order of  $10^{-5}$  kgm<sup>2</sup>. The maximum deviation of the fastening points of the payload from the initial position on the illuminated part of the shell was about  $10^{-6}$  m.

Considering the stability of the structure to the effects of heat flows of the space environment, the possibility of using space inflatable platforms as a means for separating a grouping of satellites has been shown.

**Keywords:** space inflatable platform, payload, heat flows of the space environment, dispenser inertia tensor, elastic shell deformations.

**References**

- Pogudin, A. V., Gubin, S. V. (2017). Overview of the Characteristics and Methods of Creating a Grouping of Small Spacecraft. *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii*, 75, 57–67. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vikt\\_2017\\_75\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vikt_2017_75_8)
- Parish, J. A. (2004). Optimizing coverage and revisit time in sparse military satellite constellations a comparison of traditional approaches and genetic algorithms. Monterey: Naval Postgraduate School, 125. Available at: <https://ia800905.us.archive.org/12/items/optimizingcovera109451209/optimizingcovera109451209.pdf>
- Cobb, W. W. (2019). How SpaceX lowered costs and reduced barriers to space. The Conversation Media Group Ltd. Available at: <https://theconversation.com/how-spacex-lowered-costs-and-reduced-barriers-to-space-112586>
- Wall, M. (2022). SpaceX raises launch and Starlink prices, citing inflation. Available at: <https://www.space.com/spacex-raises-prices-launch-starlink-inflation>
- IADC Space debris mitigation guidelines. IADC-02-01. Revision 2. Available at: <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/iadc-space-debris-guidelines-revision-2.pdf>
- Schoneman, S., Roberts, J., Hadaller, A., Frego, T., Smithson, K., Lund, E. (2018). SSO-A: The First Large Commercial Dedicated Rideshare Mission. 32nd Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites. Available at: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4073&context=smallsat>
- Taylor, B., Fellowes, S., Dyer, B., Viquerat, A., Aglietti, G. (2020). A modular drag-deorbiting sail for large satellites in low Earth orbit. AIAA Scitech 2020 Forum. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2020-2166>
- Sherpa-FX5 Orbital Debris Assessment Report (ODAR) (2021). Spaceflight, Inc. Available at: <https://fcc.report/IBFS/SAT-STA-20210922-00127/13329215.pdf>
- Small Spacecraft Mission Service VEGA-C. User's Manual Issue 1 – Revision 0 (2020). Available at: <https://www.arianespace.com/wp-content/uploads/2020/10/SSMS-Vega-C-UsersManual-Issue-1-Rev0-Sept2020.pdf>
- Degtyarev, A. V., Gorbulin, V. P. (2014). Evolyutsiya raketno-kosmicheskikh razrabotok KB «Yuzhnoe». *Visn. NAN Ukrainy*, 6, 51–76. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/69588>
- Makarenko, A. A., Mashchenko, A. N., Shevtsov, E. I. (2015). The development of modern means of spacecraft integration with a launch vehicle. *Space Science and Technology*, 21 (5), 18–23. doi: <https://doi.org/10.15407/knit2015.05.018>
- Field, D. W., Askijian, A., Grossman, J., Smith, A. D. (2015). Pat. No. US 9463882. System and method for assembling and deploying satellites. No. 14/700504; declared: 30.04.2015; published: 11.10.2016. Available at: <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchPatent.do?cn=USP2016109463882>
- Field, D. W., Askijian, A., Grossman, J., Smith, A. D. (2015). Pat. No. US9718566B2. Stackable satellites and method of stacking same. No. 14/700,466. declared: 30.04.2015; published: 01.08.2017. Available at: <https://patents.google.com/patent/US9718566B2/en>
- Cosner, C. M., Baldwin, M. S. (2019). Pat. No. US11214388. Self-contained payload accommodation module. No. 16/243225; declared: 09.01.2019; published: 04.01.2022.
- Litteken, D. A. (2019). Inflatable technology: using flexible materials to make large structures. *Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) XXI*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2500091>
- Valle, G. D., Litteken, D., Jones, T. C. (2019). Review of Habitable Softgoods Inflatable Design, Analysis, Testing, and Potential Space Applications. AIAA Scitech 2019 Forum. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2019-1018>
- Wei, J., Yu, J., Tan, H., Wang, W., Eriksson, A. (2019). Design and testing of inflatable gravity-gradient booms in space. *CEAS Space Journal*, 12 (1), 33–41. doi: <https://doi.org/10.1007/s12567-019-00256-w>
- Koryanov, V. V., Alifanov, O. M., Nedogorok, A. A., Uk, Y. S., Firsuk, S. O., Kulkov, V. M. (2021). Review of the technologies for development of the inflatable brake device for deorbiting the space objects. AIP Conference Proceedings. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0036055>
- Martindell, C. (2022). Inflatable Space Station to Make Space Accessible. The American Society of Mechanical Engineers. Avail-

able at: <https://www.asme.org/topics-resources/content/inflatable-space-station-to-make-space-accessible>

20. Palii, O., Lapkhanov, E. O. (2021). Space inflatable platform to accommodate payload. *InterConf*, 323–328. doi: <https://doi.org/10.51582/interconf.7-8.12.2021.037>
21. Lapkhanov, E. O., Palii, O. S. (2021). Mathematical model for determining the design parameters of an inflatable payload-bearing space platform. *Technical Mechanics*, 4, 66–78. doi: <https://doi.org/10.15407/itm2021.04.066>
22. Karpilovskyi, V. S. (2022). Metod skinchennykh elementiv i zadachi teoriiy pruzhnosti. Kyiv: «Sofia A», 275.
23. Beloglazov, V. P. (2016). *Teoreticheskie osnovy teplotekhniki. Teploperedacha*. Nizhnevartovsk: Izd-vo Nizhnevart. gos. un-ta, 118.
24. Picone, J. M., Hedin, A. E., Drob, D. P., Aikin, A. C. (2002). NRLM-SISE-00 empirical model of the atmosphere: Statistical comparisons and scientific issues. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 107 (A12), SIA 15-1-SIA 15-16. doi: <https://doi.org/10.1029/2002ja009430>
25. Fortescue, P., Swinerd, G., Stark, J. (Eds.) (2011). *Spacecraft systems engineering*. John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119971009>
26. Vinogradov, D. Yu., Davydov, E. A. (2017). Techniques of shaping steady near-circular solar-synchronous orbits for the long term existence of the spacecraft. *Engineering Journal: Science and Innovation*, 6 (66). doi: <https://doi.org/10.18698/2308-6033-2017-6-1630>
27. *NASA Systems engineering handbook* (2007). NASA SP-2016-6105 Rev2. Available at: [https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa\\_systems\\_engineering\\_handbook\\_0.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_systems_engineering_handbook_0.pdf)

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266013**  
**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING AIR DUSTINESS IN THE MAIN FAIRING OF THE LAUNCH VEHICLE (p. 17–25)**

**Mykola Biliaiev**

Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1531-7882>

**Viktoriya Biliaieva**

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2399-3124>

**Tetiana Rusakova**

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5526-3578>

**Vitalii Kozachyna**

Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6894-5532>

**Oleksandr Berlov**

Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7442-0548>

**Pavlo Semenko**

Pivdenne Design Office, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0447-5591>

**Valeriia Kozachyna**

Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7433-7306>

**Iuliia Brazaluk**

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6448-8525>

**Viktoriia Klym**

University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5887-1955>

**Larysa Tatarko**

Ukrainian State University

of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2080-6090>

The object of this study is the process of thermostating the main fairing with a satellite at the stage of prelaunch preparation of the launch vehicle. When thermostating, it is necessary to predict the risk of dust contamination of the satellite surface. Currently, there are no normative methods for solving this problem. A numerical model has been proposed that makes it possible to quickly predict the dynamics of pollution of any surface of the satellite.

A numerical model has been built for analyzing the zones of dust pollution of air in the main fairing of the launch vehicle during thermostating. The novelty of the model is the use of the Laplace equation for the speed potential, based on which the problem of aerodynamics is solved, namely, the flow rate in the main fairing is determined. Based on the model built, a computational experiment was conducted for dust particles with a diameter of 6 μm that fall into the main fairing during thermostating. The results of the research showed that the formation of areas of dust pollution near the satellite is influenced by the geometric shape of the satellite, which affects the formation of an uneven air velocity field in the main fairing and the organization of air supply to the main fairing.

Calculations are performed within a few seconds, which makes it possible during working day to conduct a set of studies into the rational choice of the organization of air exchange of the main fairing during its thermostating. The constructed numerical model can be used in design organizations to scientifically substantiate the thermostating mode of the main fairing, taking into consideration the characteristics of the satellite located in it.

**Keywords:** dust pollution, satellite, thermostating, master fairing, numerical model, computational experiment.

#### References

1. Kashanov, A. E., Degtyarev, A. V., Gladkiy, E. G., Baranov, E. Yu. (2012). Otsenka tekhnicheskikh riskov pri puske rakety-nositelya «DNEPR». *Aviatsionno- kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, 5 (92), 113–117.
2. LM-3A Series Launch Vehicle User's Manual (2011). Available at: <http://www.cgwic.com/launchservices/Download/manual/LM-3A%20Series%20Launch%20Vehicles%20User's%20Manual%20Issue%202011.pdf>
3. Compartment venting (1970). NASA-SP-8060. NASA, 31. Available at: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19710018690>
4. ISO 14644-1:2015. Cleanrooms and associated controlled environments. Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration. Cleanrooms and associated controlled environments (2015). Available at: <https://zoser.com.co/wp-content/uploads/2015/10/ISO%2014644-1%20Version%202015.pdf>
5. Falcon User's Guide (2021). Space Exploration Technologies Corp. Available at: <https://www.spacex.com/media/falcon-users-guide-2021-09.pdf>
6. Ariane 5: User's Manual (2016). Arianespace. Available at: [https://www.arianespace.com/wp-content/uploads/2011/07/Ariane5\\_Users-Manual\\_October2016.pdf](https://www.arianespace.com/wp-content/uploads/2011/07/Ariane5_Users-Manual_October2016.pdf)
7. Timoshenko, V. I., Agarkov, A. V., Moshnenko, Yu. I., Sirenko, V. N., Knyshenko, Yu. V., Lyashenko, Yu. G. (1999). Problemy termostirovaniya i obespecheniya sokhrannosti kosmicheskogo apparata v period predstartovoy podgotovki i pri vyvedenii na orbitu. *Kosmichna nauka i tekhnologiya*, 5 (5/6), 56–64. Available at: <https://>

- www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/knit/1999-05/knit-1999-05-5-6-09-timoshenko.pdf
8. Lazuchenkov, D. N., Pis'mennyy, N. I., Tokmak, N. A. (2006) Priblizhennaya otsenka zagryazneniya poverkhnostey KA pri termostatirovaniy kosmicheskoy golovnoy chasti rakety-nositelya vozdukhom. *Tekhnicheskaya mekhanika*, 2, 100–105.
  9. Tribble, A. C., Boyadjan, B., Davis, J. et al. (1996). Contamination Control Engineering Design Guidelines the Aerospace Community. NASA. Available at: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19960044619/downloads/19960044619.pdf>
  10. Bulavka, S. S. (2021). Experimental results of an advanced thermostat system the air of launch vehicles. *Naukovi notatki*, 71, 9–15. Available at: [https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi\\_notatky/article/view/564/556](https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky/article/view/564/556)
  11. Nallasamy, R., Kandula, M., Duncil, L., Schallhorn, P. (2008). Three-Dimensional Flowfield in the Scaled Payload/Fairing Model of an Expendable Launch Vehicle. 38th Fluid Dynamics Conference and Exhibit. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2008-4302>
  12. Mehta, R. C. (2017). Analysis of payload compartment venting of satellite launch vehicle. *Advances in Aircraft and Spacecraft Science*, 4 (4), 437–448. doi: <https://doi.org/10.12989/aas.2017.4.4.437>
  13. Semenenko, V., Semenenko, P. (2013). The investigation of pressure gradients in a nonhermetic vessel. *Scientific Proceedings XXI International Scientific-Technical Conference «trans & MOTAUTO'13»*, 56–58. Available at: <https://cutt.ly/kVbZGU5>
  14. Davydov, S., Semenenko, P. (2017). Development and application of the method for positioning drainage devices in the head fairing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (7 (88)), 17–24. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108450>
  15. Martin, P. J., Velzer, P. V. (2014). Performing a launch depressurization test on an inflatable space habitat. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. Available at: [https://trs.jpl.nasa.gov/bitstream/handle/2014/45653/14-4003\\_A1b.pdf?sequence=1](https://trs.jpl.nasa.gov/bitstream/handle/2014/45653/14-4003_A1b.pdf?sequence=1)
  16. Suliga, A., Ergincan, O., Rampini, R. (2021). Modeling of Spacecraft Outgassed Contamination Levels by Thermogravimetric Analysis. *Journal of Spacecraft and Rockets*, 58 (4), 1010–1016. doi: <https://doi.org/10.2514/1.a35020>
  17. Vanhove, E., Tondou, T., Roussel, J. F., Faye, D., Guigue, P. (2016). In Situ Real-Time Quantitative and Qualitative Monitoring of Molecular Contamination. *Journal of Spacecraft and Rockets*, 53 (6), 1166–1171. doi: <https://doi.org/10.2514/1.a33505>
  18. Groves, C. E., Ilie, M., Schallhorn, P. (2014). Computational Fluid Dynamics Uncertainty Analysis for Payload Fairing Spacecraft Environmental Control Systems. 52nd Aerospace Sciences Meeting. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2014-0440>
  19. Lou, Y.-Y., Cai, B.-Y., Li, Y.-Z., Li, J.-X., Li, E.-H. (2020). Numerical Simulation of the Air Cooling System for Scientific Payload Rack on a Space Station. *Energies*, 13 (22), 6145. doi: <https://doi.org/10.3390/en13226145>
  20. Zgurovskiy, M. Z., Skopetskiy, V. V., Khrushch, V. K., Belyaev, N. N. (1997). *Chislennoe modelirovaniye rasprostraneniya zagryazneniya v okruzhayushey srede*. Kyiv: Naukova dumka, 368.
  21. Samarskiy, A. A. (1983). *Teoriya differentsial'nykh skhem*. Moscow: Nauka.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265191**  
**CREATION OF AUTOMATIC CLAMPING MECHANISMS FOR SPINDLE ASSEMBLIES OF MACHINE TOOLS USING A FORMALIZED DESCRIPTION OF STRUCTURAL ELEMENTS (p. 26–35)**

**Borys Prydalnyi**

Luts'k National Technical University, Luts'k, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8565-5986>

The characteristics of the functioning of automatic mechanisms for clamping workpieces and cylindrical tools in the spindle assemblies of metalworking machines determine the potential for improving the productivity and quality of processing. The conducted research is aimed at developing new approaches to the creation of automatic clamping mechanisms with qualitatively new and necessary characteristics of their functioning. The formation of new characteristics is achieved by implementing appropriate changes at the structural level of an object. The results obtained provide better opportunities for the development of structures of automatic clamping mechanisms by improving the systematization of a review of an increased number of alternative options for their structural elements. This was achieved by solving the problem of formal description and representation of structural elements operating on the basis of various physical effects within one subject area of the systematization matrix. The results allow strengthening the heuristic potential in the design and involving an extended range of physical effects suitable for effective energy transfer and conversion in the operating conditions of automatic clamping mechanisms. The possibility of describing structural elements as digital codes helps to increase the efficiency of analysis and processing of information of the initial design stages. Using the codes of the selected structural elements, three sequences corresponding to the structures of automatic clamping mechanisms according to the brief descriptions [1.7–2.4]–(1.1–2.3); [1.7–2.6]–(1.1–2.3); [1.7–2.6+1.6/1.7–2.1]–(1.1–2.3) were compiled. On their basis, designs of automatic clamping mechanisms with predictably better characteristics and extended technological capabilities are developed.

**Keywords:** clamping mechanism drive, clamping chuck, spindle, clamping forces, mechanism structure.

#### References

1. Thorenz, B., Westermann, H., Kafara, M., Nuetzel, M., Steinhilper, R. (2018). Evaluation of the influence of different clamping chuck types on energy consumption, tool wear and surface qualities in milling operations. *Procedia Manufacturing*, 21, 575–582. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.158>
2. Hsieh, L.-C., Chen, T.-H., Lai, P.-C. (2014). The kinematic design of mold clamping mechanism with minimal maximum acceleration. *Advances in Mechanical Engineering*, 12 (6). doi: <https://doi.org/10.1177/1687814020926280>
3. Wan, S., Hong, J., Du, F., Fang, B., Li, X. (2019). Modelling and characteristic investigation of spindle-holder assembly under clamping and centrifugal forces. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 33 (5), 2397–2405. doi: <https://doi.org/10.1007/s12206-019-0438-3>
4. Xu, C., Zhang, J., Feng, P., Yu, D., Wu, Z. (2014). Characteristics of stiffness and contact stress distribution of a spindle-holder taper joint under clamping and centrifugal forces. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 82–83, 21–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmactools.2014.03.006>
5. Alquraan, T., Kuznetsov, Yu., Tsvyd, T. (2016). High-speed Clamping Mechanism of the CNC Lathe with Compensation of Centrifugal Forces. *Procedia Engineering*, 150, 689–695. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.081>
6. Soriano, E., Rubio, H., García-Prada, J. C. (2012). Analysis of the Clamping Mechanisms of Collet-Chucks Holders for Turning. *Mechanisms and Machine Science*, 391–398. doi: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4902-3\\_42](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4902-3_42)
7. Prydalnyi, B. (2021). Mathematical Model of a Backlash Elimination in the New Clamping Mechanism. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 109–118. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_11)
8. Estrems, M., Carrero-Blanco, J., Cumbicus, W. E., de Francisco, O., Sánchez, H. T. (2017). Contact mechanics applied to the machining

of thin rings. *Procedia Manufacturing*, 13, 655–662. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.138>

9. Spur, G., Stelzer, C. (1994). Closed-loop Control in Power Operated Three-jaw Chucks. *Advancement of Intelligent Production*, 271–276. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-81901-7.50059-1>
10. Wang, G., Cao, Y., Zhang, Y. (2022). Digital twin-driven clamping force control for thin-walled parts. *Advanced Engineering Informatics*, 51, 101468. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101468>
11. Sondar, P. R., Gurudath, B., Ahirwar, V., Hegde, S. R. (2022). Failure of hydraulic lathe chuck assembly. *Engineering Failure Analysis*, 133, 106001. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.106001>
12. Estrems, M., Arizmendi, M., Cumbicus, W. E., López, A. (2015). Measurement of Clamping Forces in a 3 Jaw Chuck through an Instrumented Aluminium Ring. *Procedia Engineering*, 132, 456–463. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.519>
13. Neugebauer, R., Denkena, B., Wegener, K. (2007). *Mechatronic Systems for Machine Tools*. CIRP Annals, 56 (2), 657–686. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2007.10.007>
14. Prydalnyi, B., Sulym, H. (2021). Identification of Analytical Dependencies of the Operational Characteristics of the Workpiece Clamping Mechanisms with the Rotary Movement of the Input Link. *Acta Mechanica et Automatica*, 15 (1), 47–52. doi: <https://doi.org/10.2478/ama-2021-0007>
15. Yoshitomi, K., Une, A., Tada, K. (2020). Study of a clamping process with no deformation for a thin substrate using a freezing pin chuck system. *Precision Engineering*, 64, 45–52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2020.03.008>
16. Walter, M. E., Ståhl, J. E. (1994). The connection between cutting and clamping forces in turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 34 (7), 991–1003. doi: [https://doi.org/10.1016/0890-6955\(94\)90030-2](https://doi.org/10.1016/0890-6955(94)90030-2)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265304**  
**DESIGN OF DIAMOND DRILL HEADS**  
**WITH A HYDROJET EFFECT OF ROCK**  
**DESTRUCTION (p. 36–43)**

**Toktamys Mendebaev**

ALMAS Research and Development Center Limited  
 Liability Partnership, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9737-840X>

**Nurlan Smashov**

ALMAS Research and Development Center Limited  
 Liability Partnership, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1095-7431>

It follows from the analysis of materials related to the design and operation of drilling equipment that an important direction in the search for effective solutions appears to be the improvement of the structure of the working matrix of diamond drilling heads and the enhancement of their technological capabilities by using in their schemes physical effects that are unconventional in the field of well drilling technology.

The tasks to be solved are to reduce the energy costs of the process of deepening wells, to obtain a structurally integral, informative core, and to ensure the stability of well walls.

Following the concept, diamond drill heads with a separate system of washing channels and a hydrojet effect of rock destruction were designed and tested during the drilling of wells.

The novelty of the structure of drill heads is the direction of the pressure flow of liquid to the steps of the bottom of the wells, repeating the shape of the matrix, the removal of sludge along the grooves and radial grooves, the treatment of the well wall.

A special technology for the manufacture of diamond drill heads with a complex geometry of the matrix has been devised.

The performance of diamond drill heads of various designs was tested under the industrial conditions of drilling wells for water and at polymetal deposits. It has been established that in terms of the quality of the tasks to be solved and technical and economic indicators, they have a significant advantage in comparison with standard equipment in terms of the mechanical speed of drilling wells, energy costs, and structural integrity of the core.

The comparative states of the shape, the transverse size of the hydrogeological well, the purity of the treatment of the wall of the latter, drilled by diamond drill heads and standard equipment with ball bits, are indicative. The structural integrity of the core selected by the regular column set HQ in an assembly with drill heads with a hydrojet effect of rock destruction is ensured.

**Keywords:** drill heads, hydraulic jet destruction, informative core, diamond matrix, stepped, multistage.

## References

1. Niu, S., Zheng, H., Yang, Y., Tong, X., Chen, L., Liu, Y., Bao, Z. (2019). Experimental research on torque characteristic and weight distribution of the polycrystalline diamond compact–roller hybrid bit. *Advances in Mechanical Engineering*, 11 (5), 168781401984974. doi: <https://doi.org/10.1177/1687814019849740>
2. Tan, Q., Guan, S. (2017). Application of Wellbore Stability Mechanics in Offshore Drilling With Complex Pressure. 4th ISRM Young Scholars Symposium on Rock Mechanics. Jeju.
3. Fan, Y., Cui, S., Liu, H., Wu, P., Wang, X., Zhong, C., Meng, Y. (2021). Borehole wall tensile caving instability in the horizontal well of deep brittle shale. *Science Progress*, 104 (1), 0036850421100230. doi: <https://doi.org/10.1177/00368504211002330>
4. Parshukova, L. A. (2017). Kompleksnyy podkhod k probleme ustoychivosti glinistykh porod pri burenii skvazhin. *Bulatovskie chteniya*, 3, 222–230.
5. Berle, A., Adestål, V. (2018). *Advances in Instrumented Coring*. 80<sup>th</sup> EAGE Conference and Exhibition 2018. doi: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201801554>
6. Isonkin, A. M. (2018). Vliyanie intensivnosti razrusheniya gornoy porody na effektivnost' primeneniya almaznykh burovnykh koronok. *Zhurnal «Veles»*, 12-1 (66), 20–32.
7. Ivasiv, V., Yurych, A., Zabolotnyi, S., Yurych, L., Bui, V., Ivasiv, O. (2020). Determining the influence of the condition of rock-destroying tools on the rock cutting force. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (103)), 15–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.195355>
8. Wang, J., Qian, D., Sun, Y., Peng, F. (2021). Design of Diamond Bits Water Passage System and Simulation of Bottom Hole Fluid Are Applied to Seafloor Drill. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9 (10), 1100. doi: <https://doi.org/10.3390/jmse9101100>
9. Regotunov, A. S. (2020). On the influence of some factors on the value of the energy intensity indicator for rock destruction during roller-bit drilling of blastholes. *Setevoe periodicheskoe nauchnoe izdanie «Problemy nedropol'zovaniya»*, 3, 41–51. doi: <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2020.03.041>
10. Bugakov, V. I., Laptev, A. I. (2017). Manufacture of drill bits from new diamond materials at high pressures and temperatures. *Steel in Translation*, 47 (1), 12–16. doi: <https://doi.org/10.3103/s0967091217010041>
11. Stoxreiter, T., Wenighofer, R., Portwood, G., Pallesi, S., Bertini, A., Galler, R., Grafinger, S. (2019). Rock fracture initiation and propagation by mechanical and hydraulic impact. *Open Geosciences*, 11 (1), 783–803. doi: <https://doi.org/10.1515/geo-2019-0061>
12. Gao, Y., Xiang, X., Li, Z., Guo, X., Han, P. (2021). An experimental and simulation study of the flow pattern characteristics of water jet impingements in boreholes. *Energy Exploration & Exploitation*, 40 (2), 852–872. doi: <https://doi.org/10.1177/01445987211052063>

13. Brenner, V. A., Zhabin, A. B., Pushkarev, A. E. (2002). Perspektivy razvitiya gidrostruynykh tekhnologiy v gornodobyvayushey promyshlennosti i podzemnom stroitel'stve. Gornye mashiny i avtomatika, 5, 2–10.
14. Brenner, V. A., Zhabin, A. B., Pushkarev, A. E. (2005). Razrusheniye gornykh porod pri pomoschi gidrostruynykh tekhnologiy. Nauchnye raboty Donetskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta, 99.
15. Gorelikov, V. G. (2012). Konstruktivnye osobennostialmaznykh koronok dlya bureniya treschinovatykh gornykh porod. Zapiski gornogo instituta, 197, 29–33.
16. Mendebaev, T. N., Izakov, B. K., Kalambaeva, A. S. (2018). Resursoberegayuschaya tekhnologiya bureniya skvazhin zaboynoy komponovkoy s gidroraspredelitelem i tonkostennymialmaznymi koronkami. Razvedka i okhrana nedr, 3, 41–43.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265767

**CALCULATION-EXPERIMENTAL PROCEDURE FOR DETERMINING WELDING DEFORMATIONS AND STRESSES BASED ON A DIGITAL IMAGE CORRELATION METHOD (p. 44–52)**

**Volodymyr Korzhyk**

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9106-8593>

**Vladyslav Khaskin**

Guangdong Welding Institute (E. O. Paton Chinese-Ukrainian Institute of Welding), Guangzhou, China  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3072-6761>

**Viktor Savitsky**

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1793>

**Illia Klochkov**

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6490-8905>

**Viktor Kvasnytskyi**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7756-5179>

**Andrii Perepichay**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8156-4515>

**Sviatoslav Peleshenko**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6828-2110>

**Andriy Grinyuk**

The E. O. Paton Research Institute of Welding Technologies in Zhejiang Province (China), Zhejiang, China  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6088-7980>

**Andrii Aloslyn**

Guangdong Welding Institute (E. O. Paton Chinese-Ukrainian Institute of Welding), Guangzhou, China  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9696-6800>

**Oleksii Shutkevych**

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5758-2396>

The object of this study is determining the stressed-strained state (SSS) of a welded article by applying quantitative non-destructive testing. The relevance of the study is associated with the need to devise a universal methodology for the non-destructive quantification of SSS using the simplest approaches and means of provision. To solve this task, an estimation-experimental procedure has been developed. This procedure is based on comparing digital stereo images of the individual sections (spatial primitives) of an article before and after its welding, followed by computer processing. To validate the developed procedure, the SSS of a cylindrical article made of aluminum alloy 7005, at the end of which two flanges were welded laserly with ring seams, was determined. It was established that after performing four diametrically opposed point tacks, the residual deformations of the ends of the article can reach 0.02–0.05 mm, and after performing continuous ring seams – to decrease to 0.01–0.02 mm. The calculation showed that the residual deformations of the end of the article after welding a ring seam are at the level of 0.02 mm, and the residual stresses in the same zone – in the range of 50–60 MPa. The deviation in the coincidence of residual deformations is in the range of 10–20 %, which is a satisfactory result and can be considered as an error in the results of determining SSS in general. Based on the developed methodology for determining SSS, an experimental industrial complex has been created that allows TIG and PAW to perform welding of objects from steels and alloys with the ability to determine the resulting stressed-strained state of these objects. The procedure devised and the equipment designed can be used for non-destructively determine SSS of spatial structures made of steels and alloys.

**Keywords:** stressed-strained state, non-destructive testing, digital correlation of images (DIC), laser welding.

**References**

1. Khaskin, V. Yu., Korzhik, V. N., Sydorets, V. N., Bushma, A. I., Boyi, W., Ziyi, L. (2015). Improving the efficiency of hybrid welding of aluminum alloys. The Paton Welding Journal, 2015 (12), 14–18. doi: <https://doi.org/10.15407/tpwj2015.12.03>
2. Korzhik, V. N., Pashchin, N. A., Mikhoduj, O. L., Grinyuk, A. A., Babich, A. A., Khaskin, V. Yu. (2017). Comparative evaluation of methods of arc and hybrid plasma-arc welding of aluminum alloy 1561 using consumable electrode. The Paton Welding Journal, 2017 (4), 30–34. doi: <https://doi.org/10.15407/tpwj2017.04.06>
3. Huang, X., Liu, Z., Xie, H. (2013). Recent progress in residual stress measurement techniques. Acta Mechanica Solida Sinica, 26 (6), 570–583. doi: [https://doi.org/10.1016/s0894-9166\(14\)60002-1](https://doi.org/10.1016/s0894-9166(14)60002-1)
4. Rendler, N. J., Vigness, I. (1966). Hole-drilling strain-gage method of measuring residual stresses. Experimental Mechanics, 6 (12), 577–586. doi: <https://doi.org/10.1007/bf02326825>
5. Lobanov, L. M., Asnis, E. A., Piskun, N. V., Vrzhezhevsky, E. L., Milenin, A. S., Velikoivanenko, E. A. (2019). Investigation of stress-strain state of welded joints of the system TiAl intermetallics. The Paton Welding Journal, 2019 (11), 8–11. doi: <https://doi.org/10.15407/tpwj2019.11.02>
6. Viotti, M. R., Kapp, W., Albertazzi G., Jr., A. (2009). Achromatic digital speckle pattern interferometer with constant radial in-plane sensitivity by using a diffractive optical element. Applied Optics, 48 (12), 2275. doi: <https://doi.org/10.1364/ao.48.002275>
7. Steinzig, M., Ponslet, E. (2003). Residual stress measurement using the hole drilling method and laser speckle interferometry: part 1. Experimental Techniques, 27 (3), 43–46. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1747-1567.2003.tb00114.x>
8. Lobanov, L. M., Pivtorak, V. A., Kyjanets, I. V., Savitsky, V. V., Tkachuk, G. I. (2005). Express control of quality and stressed state of welded structures using method of electron shearography and speckle-interferometry. The Paton Welding Journal, 8, 35–40.

9. Lord, J. D., Penn, D., Whitehead, P. (2008). The Application of Digital Image Correlation for Measuring Residual Stress by Incremental Hole Drilling. *Applied Mechanics and Materials*, 13–14, 65–73. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.13-14.65>
10. Dannemann, K. A., Bigger, R. P., Scott, N. L., Weiss, C. E., Carpenter, A. J. (2016). Application of Digital Image Correlation for Comparison of Deformation Response in Fusion and Friction Stir Welds. *Journal of Dynamic Behavior of Materials*, 2 (3), 347–364. doi: <https://doi.org/10.1007/s40870-016-0070-6>
11. Lyubutin, P. S., Panin, S. V., Titkov, V. V., Eremin, A. V., Sunder, R. (2019). Development of the digital image correlation method to study deformation and fracture processes of structural materials. *PNRPU Mechanics Bulletin*, 1, 88–109. doi: <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2019.1.08>
12. Sutton, M. A., McNeill, S. R., Helm, J. D., Chao, Y. J. (2000). Advances in Two-Dimensional and Three-Dimensional Computer Vision. *Photomechanics*, 323–372. doi: [https://doi.org/10.1007/3-540-48800-6\\_10](https://doi.org/10.1007/3-540-48800-6_10)
13. Hild, F., Roux, S. (2006). Digital Image Correlation: from Displacement Measurement to Identification of Elastic Properties – a Review. *Strain*, 42 (2), 69–80. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1475-1305.2006.00258.x>
14. Pan, B., Asundi, A., Xie, H., Gao, J. (2009). Digital image correlation using iterative least squares and pointwise least squares for displacement field and strain field measurements. *Optics and Lasers in Engineering*, 47 (7-8), 865–874. doi: <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2008.10.014>
15. Jandjsek, I., Vavřík, D. (2016). Experimental Measurement of Elastic-Plastic Fracture Parameters Using Digital Image Correlation Method. *Applied Mechanics and Materials*, 821, 442–449. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.821.442>
16. Jandjsek, I., Gajdoš, L., Šperl, M., Vavřík, D. (2017). Analysis of standard fracture toughness test based on digital image correlation data. *Engineering Fracture Mechanics*, 182, 607–620. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2017.05.045>
17. Diachenko, S. S. (2003). *Fizychni osnovy mitsnosti ta plastychnosti metaliv*. Kharkiv: Vydavnytstvo KhNADU, 226.
18. Vincent, Y., Bergheau, J.-M., Leblond, J.-B. (2003). Viscoplastic behaviour of steels during phase transformations. *Comptes Rendus Mécanique*, 331 (9), 587–594. doi: [https://doi.org/10.1016/s1631-0721\(03\)00147-5](https://doi.org/10.1016/s1631-0721(03)00147-5)
19. Vora, J., Patel, V. K., Srinivasan, S., Chaudhari, R., Pimenov, D. Y., Giasin, K., Sharma, S. (2021). Optimization of Activated Tungsten Inert Gas Welding Process Parameters Using Heat Transfer Search Algorithm: With Experimental Validation Using Case Studies. *Metals*, 11 (6), 981. doi: <https://doi.org/10.3390/met11060981>
20. Liu, Z. M., Cui, S., Luo, Z., Zhang, C., Wang, Z., Zhang, Y. (2016). Plasma arc welding: Process variants and its recent developments of sensing, controlling and modeling. *Journal of Manufacturing Processes*, 23, 315–327. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2016.04.004>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266219**  
**ASSESSMENT OF FIRE RESISTANCE OF FIREPROOF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES (p. 53–61)**

**Andrii Kovalov**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6525-7558>

**Roman Purdenko**

Private Enterprise «ProjectBudStar»,  
 Chornobay, Cherkasy region, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6467-4133>

**Yurii Otrosh**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0698-2888>

**Vitalii Tomenko**

Cherkassy institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7139-9141>

**Nina Rashkevich**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5124-6068>

**Eduard Sheholokov**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9923-1487>

**Mykola Pidhornyy**

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5881-9217>

**Nina Zolotova**

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1802-8584>

**Oleg Suprun**

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1259-4769>

A finite-element model for the heat engineering calculation of fireproof reinforced concrete slab has been built, which is designed to assess the fire resistance of unprotected reinforced concrete structures. A feature of the model is the correct choice of types of heat transfer in the cavities of reinforced concrete ceilings. An algorithm that includes experimental and calculation procedures in determining the fire resistance of unprotected reinforced concrete structures has been applied. The initial, boundary conditions for the construction of the model were formulated; the thermophysical properties of materials were substantiated. Thermal calculation of fireproof multi-hollow reinforced concrete ceiling under conditions of fire was carried out. The adequacy of the developed finite-element model was checked. A satisfactory convergence of experimental and calculated temperatures with an accuracy of 10 % was established, which would suffice for the engineering calculations.

The model built makes it possible to assess the fire resistance of unprotected reinforced concrete structures. Thus, there is reason to argue that the model constructed can partially or completely replace the experimental assessment of fire resistance, provided that the construction and setting of the model parameters are correct.

**Keywords:** fire resistance of structure, heat engineering calculation, reinforced concrete structures, fire retardant coating, fire resistance assessment.

## References

1. Chernukha, A., Teslenko, A., Kovalov, P., Bezuglov, O. (2020). Mathematical Modeling of Fire-Proof Efficiency of Coatings Based on Silicate Composition. *Materials Science Forum*, 1006, 70–75. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.70>
2. Otrosh, Y., Semkiv, O., Rybka, E., Kovalov, A. (2019). About need of calculations for the steel framework building in temperature influences conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1), 012065. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012065>
3. Otrosh, Y., Kovalov, A., Semkiv, O., Rudeshko, I., Diven, V. (2018). Methodology remaining lifetime determination of the building

- structures. MATEC Web of Conferences, 230. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002023>
4. Kovalov, A. I., Otrosh, Y. A., Vedula, S., Danilin, O. M., Kovalevska, T. M. (2019). Parameters of fire-retardant coatings of steel constructions under the influence of climatic factors. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 46–53. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-3/9>
  5. 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. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000003>
  6. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2017). Numerical simulation of the creation of a fire fighting barrier using an explosion of a combustible charge. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (90)), 11–16. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.114504>
  7. 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>
  8. 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>
  9. Vasilchenko, A., Doronin, E., Chernenko, O., Ponomarenko, I. (2019). Estimation of fire resistance of bending reinforced concrete elements based on concrete with disperse fibers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1). doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012075>
  10. Lakhani, H., Kamath, P., Bhargava, P., Sharma, U., Reddy, G. (2013). Thermal Analysis of Reinforced Concrete Structural Elements. *Journal of Structural Fire Engineering*, 4 (4), 227–244. doi: <https://doi.org/10.1260/2040-2317.4.4.227>
  11. Vasilchenko, A., Otrosh, Y., Adamenko, N., Doronin, E., Kovalov, A. (2018). Feature of fire resistance calculation of steel structures with intumescent coating. MATEC Web of Conferences, 230, 02036. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002036>
  12. Li, S., Jiaolei, Z., Zhao, D., Deng, L. (2021). Study on fire resistance of a prefabricated reinforced concrete frame structure. *Journal of Structural Fire Engineering*, 12 (3), 363–376. doi: <https://doi.org/10.1108/jsfe-12-2020-0039>
  13. Džolev, I., Cvetkovska, M., Radonjanin, V., Ladinović, Đ., Laban, M. (2018). Modelling approach of structural fire performance. *Book of proceedings. 1<sup>st</sup> International Symposium S-FORSE 2018. Novi Sad*, 17–24.
  14. Otrosh, Y., Surianinov, M., Golodnov, A., Starova, O. (2019). Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences. *Materials Science Forum*, 968, 355–360. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.968.355>
  15. Pozdieiev, S., Nuianzin, O., Sidnei, S., Shchipets, S. (2017). Computational study of bearing walls fire resistance tests efficiency using different combustion furnaces configurations. MATEC Web of Conferences, 116. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711602027>
  16. Hertz, K., Giuliani, L., Sørensen, L. S. (2017). Fire resistance of extruded hollow-core slabs. *Journal of Structural Fire Engineering*, 8 (3), 324–336. doi: <https://doi.org/10.1108/jsfe-07-2016-0009>
  17. Franssen, J.-M., Gernay, T. (2017). Modeling structures in fire with SAFIR®: theoretical background and capabilities. *Journal of Structural Fire Engineering*, 8 (3), 300–323. doi: <https://doi.org/10.1108/jsfe-07-2016-0010>
  18. Walls, R., Viljoen, C., de Clercq, H. (2019). Parametric investigation into the cross-sectional stress-strain behaviour, stiffness and thermal forces of steel, concrete and composite beams exposed to fire. *Journal of Structural Fire Engineering*, 11 (1), 100–117. doi: <https://doi.org/10.1108/jsfe-10-2018-0031>
  19. Mwangi, S. (2017). Why Broadgate Phase 8 composite floor did not fail under fire. *Journal of Structural Fire Engineering*, 8 (3), 238–257. doi: <https://doi.org/10.1108/jsfe-05-2017-0032>
  20. Vishal, M., Satyanarayanan, K. S. (2021). A review on research of fire-induced progressive collapse on structures. *Journal of Structural Fire Engineering*, 12 (3), 410–425. doi: <https://doi.org/10.1108/jsfe-07-2020-0023>
  21. Zhang, H. Y., Lv, H. R., Kodur, V., Qi, S. L. (2017). Performance comparison of fiber sheet strengthened RC beams bonded with geopolymer and epoxy resin under ambient and fire conditions. *Journal of Structural Fire Engineering*, 9 (3), 174–188. doi: <https://doi.org/10.1108/jsfe-01-2017-0023>
  22. Neves, N. S. das, Camargo, R. S., Azevedo, M. S. de. (2021). Advanced computer model for analysis of reinforced concrete and composite structures at elevated temperatures. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 14 (4). doi: <https://doi.org/10.1590/s1983-41952021000400010>
  23. Fomyn, S. L., Plakhotnykova, Y. A., Parafenko, A. A. (2016). Calculation of fire concrete floor slabs refining and simplified method. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainського derzhavnogo universytetu zaliznychnoho transportu*, 161, 145–157.
  24. ENV 1993-1-2:2005. Eurocode 3, Design of steel structures, Part 1.2, general rules – Structural fire design (2005). Available at: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/9ad8b65f-ed08-4549-aab5-7f2b123e23da/en-1993-1-2-2005>
  25. Kovalov, A., Otrosh, Y., Semkiv, O., Konoval, V., Chernenko, O. (2020). Influence of the Fire Temperature Regime on the Fire-Retardant Ability of Reinforced-Concrete Floors Coating. *Materials Science Forum*, 1006, 87–92. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.87>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265869

**DEVELOPMENT OF INFORMATION SUPPORT FOR SIMULATION OF THE PROCESS OF DEFORMATION OF ROOT POLYMER PLATE IN BOOK BLOCKS SEWED WITH THREADS (p. 62–73)**

**Oleksandr Paliukh**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5673-9395>

**Petro Kyrychok**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9135-1006>

**Yevheniy Shtefan**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0697-7651>

**Andrii Titov**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2245-5650>

The object of this study is the processes of deformation of the root polymer plate reinforced with stitches of threads with preliminary tension in book blocks sewn with threads. The analytical and experimental studies reported here are based on the application of the methodology for developing a simulation model of the process of deforming the adhesive polymer plate. The basic assumption of the study is that the use of information support for simulation modeling

will contribute to the improvement of the structural and technological parameters of the root part of the book blocks sewn with threads. This cannot be achieved without analyzing and decomposition of the technical system of the book block, classifying subsystems and describing them in the form of a finite set of classes and the connections between them. A procedure for determining the mechanism of interaction of elements of the root part of book blocks sewn with threads is proposed. It is shown that the residual cyclic deformation of the adhesive plate and the stitches of the implanted threads depends on the strength of the bonds between the elements of the joined structure of the materials. It also depends on the number of cycles of discrete loads heterogeneous in terms of dimensional indicators and the place of their application. This is due to the fact that stitches of threads are only partially implanted into the structure of the adhesive plate, the other part that fastens the folds of notebooks is outside the adhesive plate. The influence of cyclic loads applied at different angles relative to the stitches of the threads was revealed. The angular discrepancy fluctuates, in the case of using PVAD D51C glue, in the range of 0.735–0.907, and, for Technomelt GE3636 thermal glue, 0.913–0.940. The developed simulation model of the processes of deformation of the root polymer plate makes it possible to determine the mechanism of interaction of the elements of the root part of the book blocks and predict the durability of the product.

**Keywords:** simulation model, root adhesive plate, implanted thread stitches, discrete loads.

## References

- Kyrychok, P., Paliukh, O., Oliynyk, V. (2020). Determining the influence of the thickness of an adhesive layer on a change in the angles of contact and tangent angles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (105)), 52–67. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203439>
- Shtefan, E., Pashchenko, B., Blagenko, S., Yastreba, S. (2018). Constitutive Equation for Numerical Simulation of Elastic-Viscous – Plastic Disperse Materials Deformation Process. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing Proceedings of the International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2018*. Springer International Publishing AG. Part of Springer Nature, 1, 356–363. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4_37)
- Petković, G., Pasanec Prepročić, S., Vukoje, M. (2018). The quality assessment of bookbinding strength for polyvinyl acetate adhesive (PVAc) and nano-modified PVAc adhesives. *Proceedings of 9<sup>th</sup> International Symposium on Graphic Engineering and Design*. doi: <https://doi.org/10.24867/grid-2018-p13>
- Mukhurova, E. A., Gaiduk, S. S., Shetko, S. V. (2014). Uvelichenie prochnosti kleevoogo soedineniia aktiviruiushchei obrabotkoi po-verkhnostei skleivaniia. *Trudy BGTU*, 2 (166), 125–127.
- Jaafar, J., Siregar, J. P., Mohd Salleh, S., Mohd Hamdan, M. H., Cionita, T., Rihayat, T. (2019). Important Considerations in Manufacturing of Natural Fiber Composites: A Review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 6 (3), 647–664. doi: <https://doi.org/10.1007/s40684-019-00097-2>
- Kaushik, V. K., Kumar, A., Kalia, S. (2013). Effect of Mercerization and Benzoyl Peroxide Treatment on Morphology, Thermal Stability and Crystallinity of Sisal Fibers. *International Journal of Textile Science*, 1 (6), 101–105. doi: <https://doi.org/10.5923/j.textile.20120106.07>
- Slotska, L. S., Zatserkovna, R. S. (2018). The research of adhesive films' physical-mechanical features during gluing of spines of book blocks, sewn with threads. *Printing and Publishing*, 2 (76), 20–26. doi: <https://doi.org/10.32403/0554-4866-2018-2-76-20-26>
- Karthikeyan, S., Rajini, N., Jawaid, M., Winowlin Jappes, J., Thariq, M., Siengchin, S., Sukumaran, J. (2017). A review on tribological properties of natural fiber based sustainable hybrid composite. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 231 (12), 1616–1634. doi: <https://doi.org/10.1177/1350650117705261>
- Suriani, M. J., Rapi, H. Z., Ilyas, R. A., Petrû, M., Sapuan, S. M. (2021). Delamination and Manufacturing Defects in Natural Fiber-Reinforced Hybrid Composite: A Review. *Polymers*, 13 (8), 1323. doi: <https://doi.org/10.3390/polym13081323>
- Mohammed, L., Ansari, M. N. M., Pua, G., Jawaid, M., Islam, M. S. (2015). A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications. *International Journal of Polymer Science*, 2015, 1–15. doi: <https://doi.org/10.1155/2015/243947>
- Khalid, M. Y., Imran, R., Arif, Z. U., Akram, N., Arshad, H., Al Rashid, A., García Márquez, F. P. (2021). Developments in Chemical Treatments, Manufacturing Techniques and Potential Applications of Natural-Fibers-Based Biodegradable Composites. *Coatings*, 11 (3), 293. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings11030293>
- Abral, H., Arikisa, J., Mahardika, M., Handayani, D., Aminah, I., Sandrawati, N. et. al. (2020). Transparent and antimicrobial cellulose film from ginger nanofiber. *Food Hydrocolloids*, 98, 105266. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105266>
- Petryashvyly, H. H. (2007). Matematycheskaia model napriazhenno-deformirovannoho sostoiannya kleevoogo soedyneniia knyzhnoho bloka. *Polihrafiia i vydavnycha sprava*, 1 (45), 181–185.
- Havenko, S. F., Lohaziak, I. Yu., Turiab, L. V. (2012). Doslidzhennia faktoriv vplyvu na kuty rozkryvannia knyzhkovykh blokiv. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, 1, 67–73. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titd\\_2012\\_1\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titd_2012_1_12)
- Kyrychok, P., Paliukh, O. (2020). Simulation of Deformation of the Adhesive Layer of the Spine of the Book Back of the Thread-Stitched Book Block. *Mechanics*, 26 (2), 114–119. doi: <https://doi.org/10.5755/j01.mech.26.2.25854>
- Hetman, I. A., Vasyliieva, L. V. (2017). Tekhnolohii proektuvannia informatsiinykh system. *Computer Sciences and System Sciences (CS&SS-2017)*, 76–79. Available at: <http://dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/5499/1/09%20%D0%93%D0%B5%D1%82%D1%8C%D0%BC%D0%B0%D0%BD%20%D0%92%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%94%D0%B2%D0%B0.pdf>
- Senkivskiyi, V. M., Pikh, I. V., Senkivska, N. Ye. (2016). Theoretical bases of quality assurance of publishing and printing processes (Part 1: introduction general principles). *Naukovi zapysky Ukrainaska akademii drukarstva*, 1 (52), 22–31. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz\\_2016\\_1\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_2016_1_4)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265778**

**DETERMINING THE EFFECTIVE MODE OF OPERATION FOR THE SYSTEM OF WASHING THE MILKING MACHINE MILK SUPPLY LINE (p. 74–81)**

**Andriy Paliy**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9525-3462>

**Elchyn Aliiev**

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4006-8803>

**Anatoliy Paliy**

National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9193-3548>

**Yana Kotko**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6611-8130>



**Ruslan Kolinchuk**

Podillia State University, Kamianets-Podilskiy, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5746-2837>

**Evgenia Livoschenko**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5826-4824>

**Oleksandr Chekan**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5676-1947>

**Svitlana Nazarenko**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6733-8565>

**Ludmila Livoschenko**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3735-3091>

**Liliya Uskova**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4469-453X>

The application of techniques for effective cleaning of milking routes in milking machines is an important way to improve the quality of milk and increase labor productivity in dairy farming.

The object of research was the system of washing the milk line of the milking machine with the upper milk line.

The problem of rational use of energy resources was solved in the implementation of a routine operation – washing the milking machine.

Experimental studies were carried out according to the Box-Benkin plan of the second order for 3 factors (the speed of movement of the washing solution,  $V$ ; the temperature of the washing solution,  $T$ ; the duration of the rinsing phase,  $t$ ). In this case, a mathematical apparatus for planning a multivariate experiment according to the D-optimal plan was used.

It was found that with an increase in the speed of movement of the washing solution and temperature, as well as the duration of the rinsing phase, the number of microorganisms on the surfaces of the nodes and elements of the milky line decreases. Milk lines of the milking machine made of any material are better cleaned with a hotter washing solution (40 °C) than with a cold one (20 °C). Thus, when cleaning with a solution of 40 °C of stainless steel and food aluminum, the reduction of microorganisms is 4.3 times, glass – 4 times, and rubber – 4.7.

The essence of the experiment was to establish patterns when cleaning the milk line from various materials.

The influence of the regime parameters (the speed of movement of the washing solution,  $V$ ; its temperature,  $T$ ; and the duration of the rinsing phase,  $t$ ) on the energy consumption of the milking machine,  $E$ , was determined.

The compromise problem of rationalizing the washing modes of the milk lines of the milking machine has been solved. Thus, rational mode parameters for the washing system were established:  $V=2.4$  m/s,  $T=38.2$  °C,  $t=3.2$  minutes. With these parameters, the optimization criteria are:  $N=79$  thousand CFU/cm<sup>3</sup>,  $Q=23.3$  l,  $E=8.08$  kWh.

**Keywords:** milking equipment, cleaning process, washing the milk line, water flow rate, energy consumption.

**References**

- Skarbye, A. P., Thomsen, P. T., Krogh, M. A., Svennesen, L., Østergaard, S. (2020). Effect of automatic cluster flushing on the concentration of *Staphylococcus aureus* in teat cup liners. *Journal of Dairy Science*, 103 (6), 5431–5439. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17785>
- Shkromada, O., Skliar, O., Pikhtirova, A., Inessa, G. (2019). Pathogens transmission and cytological composition of cow's milk. *Acta Veterinaria Eurasia*, 45, 73–79. doi: <https://doi.org/10.26650/actavet.2019.19004>
- Kukhtyn, M., Berhilevych, O., Kravcheniuk, K., Shynkaruk, O., Horyuk, Y., Semaniuk, N. (2017). The influence of disinfectants on microbial biofilms of dairy equipment. *EUREKA: Life Sciences*, 5, 11–17. doi: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2017.00423>
- Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Lukyanov, I., Dobrovolsky, V. et. al. (2021). Revealing changes in the technical parameters of the teat cup liners of milking machines during testing and production conditions. *EUREKA: Physics and Engineering*, 6, 102–111. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.002056>
- Wang, X., Demirci, A., Graves, R. E., Puri, V. M. (2019). Conventional and Emerging Clean-in-Place Methods for the Milking Systems. *Raw Milk*, 91–115. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-810530-6.00005-5>
- Memisi, N., Moracanin, S. V., Milijasevic, M., Babic, J., Djukic, D. (2015). CIP Cleaning Processes in the Dairy Industry. *Procedia Food Science*, 5, 184–186. doi: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.052>
- Bava, L., Zucali, M., Sandrucci, A., Brasca, M., Vanoni, L., Zanini, L., Tamburini, A. (2011). Effect of cleaning procedure and hygienic condition of milking equipment on bacterial count of bulk tank milk. *Journal of Dairy Research*, 78 (2), 211–219. doi: <https://doi.org/10.1017/s002202991100001x>
- Dzidic, A., Macuhova, J., Bruckmaier, R. M. (2004). Effects of Cleaning Duration and Water Temperature on Oxytocin Release and Milk Removal in an Automatic Milking System. *Journal of Dairy Science*, 87 (12), 4163–4169. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)73559-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)73559-6)
- Sundberg, M., Christiansson, A., Lindahl, C., Wahlund, L., Birgersson, C. (2010). Cleaning effectiveness of chlorine-free detergents for use on dairy farms. *Journal of Dairy Research*, 78 (1), 105–110. doi: <https://doi.org/10.1017/s0022029910000762>
- Willers, C. D., Ferraz, S. P., Carvalho, L. S., Rodrigues, L. B. (2014). Determination of indirect water consumption and suggestions for cleaner production initiatives for the milk-producing sector in a Brazilian middle-sized dairy farming. *Journal of Cleaner Production*, 72, 146–152. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.055>
- Gleeson, D., Paludetti, L., O'Brien, B., Beresford, T. (2022). Effect of 'chlorine-free' cleaning of milking equipment on the microbiological quality and chlorine-related residues in bulk tank milk. *International Journal of Dairy Technology*, 75 (2), 262–269. doi: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12853>
- Kompaniya TOV «AHRO-PROMSERVIS». Available at: <https://agropromservis.net.ua/>
- Shyhorin, P. P. (2009). *Matematychni obchyslennia v prohramnomu paketi Mathematica 5*. Lutsk: RVV «Vezha» Volyn. nats. un-tu im. Lesi Ukrainky, 48. Available at: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/18858/1/WolframMath.pdf>
- Paliy, A., Aliiev, E., Nanka, A., Bogomolov, O., Bredixin, V., Paliy, A. et. al. (2021). Identifying changes in the technical parameters of milking rubber under industrial conditions to elucidate their effect on the milking process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (111)), 21–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231917>
- Marchand, S., De Block, J., De Jonghe, V., Coorevits, A., Heyndrickx, M., Herman, L. (2012). Biofilm Formation in Milk Production and Processing Environments; Influence on Milk Quality and Safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11 (2), 133–147. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00183.x>
- Krushelnitska, N. V. (2015). The influence of sanitary processing of milking equipment and milking technologies on hygienic

- quality of milk. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinarnoi medytyny ta biotekhnolohii im. Gzhytskoho*, 15 (1 (55)), 93–97.
17. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Nechyporenko, O., Baidevliatova, Y., Baydevliatov, Y. et. al. (2021). Determining the efficiency of cleaning a milk line made from different materials from contaminants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (1 (112)), 76–85. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237070>
  18. Fan, M., Phinney, D. M., Heldman, D. R. (2015). Effectiveness of Rinse Water during In-Place Cleaning of Stainless Steel Pipe Lines. *Journal of Food Science*, 80 (7), E1490–E1497. doi: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12914>
  19. Calcante, A., Tangorra, F. M., Oberti, R. (2016). Analysis of electric energy consumption of automatic milking systems in different configurations and operative conditions. *Journal of Dairy Science*, 99 (5), 4043–4047. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10490>
  20. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Shkromada, O., Musienko, Y. et. al. (2021). Development of a device for cleansing cow udder teats and testing it under industrial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (109)), 43–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224927>
  21. Boguniewicz-Zablocka, J., Klosok-Bazan, I., Naddeo, V. (2017). Water quality and resource management in the dairy industry. *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (2), 1208–1216. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0608-8>
  22. Aliiev, E., Paliy, A., Kis, V., Paliy, A., Petrov, R., Plyuta, L. et. al. (2022). Establishing the influence of technical and technological parameters of milking equipment on the efficiency of machine milking. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (115)), 44–55. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251172>
  23. Gaworski, M. (2021). Implementation of Technical and Technological Progress in Dairy Production. *Processes*, 9 (12), 2103. doi: <https://doi.org/10.3390/pr9122103>
  24. Aliiev, E., Paliy, A., Dudin, V., Kis, V., Paliy, A., Ostapenko, V. et. al. (2022). Establishing an interconnection between the technical and technological parameters of milking equipment based on the movement of a milk-air mixture in a milking machine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 35–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253978>
  25. Nimbalkar, V., Kumar Verma, H., Singh, J. (2021). Dairy Farming Innovations for Productivity Enhancement. *New Advances in the Dairy Industry*. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.101373>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266161****ВИЗНАЧЕННЯ СТЕПЕНІ ВПЛИВУ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ НА ДЕФОРМАЦІЮ ОБОЛОНКИ КОСМІЧНОЇ НАДУВНОЇ ПЛАТФОРМИ З КОРИСНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ (с. 6–16)****Е. О. Лапханов, О. С. Палій, О. В. Голубек**

Роботу присвячено дослідженню впливу теплових потоків навколишнього космічного середовища на деформацію оболонки космічної надувної платформи з корисним навантаженням. Вдосконалено математична модель впливу коливань температури на масово-інерційні характеристики космічної надувної платформи еліпсоїдальної форми.

В моделі введені наступні припущення. Розподіл температур на освітленій частині і неосвітленій частині оболонки рівномірний. Градієнт перепаду температур між освітленою і неосвітленою частинами для всіх точок оболонки однаковий. Для визначення деформацій використовується безмоментна теорія. Модель космічної надувної платформи – «гумова куля», що працює лише на розтяг і стиск. Всі деформації пружні.

Визначено переваги і обмеження застосування розробленої математичної моделі. Проведено комп'ютерне моделювання орбітального руху космічної надувної платформи з корисним навантаженням на сонячно-синхронній орбіті. Матеріал оболонки платформи – каптон. Отримано оцінки коливань температур освітленої і неосвітленої частини оболонки та температури газу всередині неї. Визначено залежність пружних деформацій від температури із врахуванням модуля Юнга матеріалу. Визначено вплив зміни тиску газу на рух точок кріплення корисного навантаження і зміну тензора інерції. Отримані результати показали, що тензор інерції змінюється в межах порядку  $10^{-5}$  кгм<sup>2</sup>. Максимальне відхилення точок кріплення корисного навантаження від початкового положення на освітленій частині оболонки склало близько  $10^{-6}$  м.

З огляду стійкості конструкції до впливу теплових потоків навколишнього космічного середовища показано можливість застосування космічних надувних платформ в якості засобів для розведення угруповання супутників.

**Ключові слова:** космічна надувна платформа, корисне навантаження, теплові потоки космічного середовища, тензор інерції диспенсера, пружні деформації оболонки.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266013****РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ ЗАПИЛЕНОСТІ ПОВІТРЯ У ГОЛОВНОМУ ОБТІЧНИКУ РАКЕТИ-НОСІЯ (с. 17–25)****М. М. Біляєв, В. В. Біляєва, Т. І. Русакова, В. А. Козачина, О. В. Берлов, П. В. Семененко, В. В. Козачина, Ю. В. Бразалук, В. Ю. Клим, Л. Г. Татарко**

Об'єктом дослідження є процес термостатування головного обтічника зі супутником на етапі передстартової підготовки ракети-носія. При термостатуванні необхідно спрогнозувати ризик пилового забруднення поверхні супутника. В даний час відсутні нормативні методи розв'язку цієї задачі. Запропоновано чисельну модель, що дозволяє оперативно спрогнозувати динаміку забруднення будь-якої поверхні супутника.

Розроблено чисельну модель для аналізу зон пилового забруднення повітря в головному обтічнику ракети-носія при термостатуванні. Новизна моделі полягає у використанні рівняння Лапласа для потенціалу швидкості, на базі якого здійснюється розв'язок задачі аеродинаміки, а саме, визначається швидкість потоку в головному обтічнику. Це дає можливість значно скоротити комп'ютерний час на отримання результатів обчислювального експерименту. На базі розробленої моделі проведено обчислювальний експеримент для часок пилу діаметром 6 мкм, що потрапляють в головний обтічник при термостатуванні. Результати проведених досліджень показали, що на формування областей пилового забруднення повітря біля супутника впливають геометрична форма супутника, яка впливає на формування нерівномірного поля швидкості повітря в головному обтічнику та організація подачі повітря у головний обтічник.

Розрахунки виконуються протягом декількох секунд, що дозволяє протягом робочого дня провести комплекс досліджень по раціональному вибору організації повітрообміну головного обтічника при його термостатуванні. Розроблена чисельна модель може бути використана в проектних організаціях для наукового обґрунтування режиму термостатування головного обтічника з врахуванням особливостей розташованого в ньому супутника.

**Ключові слова:** пилове забруднення, супутник, термостатування, головний обтічник, чисельна модель, обчислювальний експеримент.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265191****СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ МЕХАНІЗМІВ ЗАТИСКУ ДЛЯ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ВЕРСТАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ФОРМАЛІЗОВАНОГО ОПИСУ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ (с. 26–35)****Б. І. Придальний**

Характеристики функціонування автоматичних механізмів для затиску заготовок та циліндричних інструментів у шпindelних вузлах металообробних верстатів визначають потенційні можливості підвищення продуктивності та якості обробки. Проведені дослідження спрямовані на розробку нових підходів до створення автоматичних механізмів затиску з можливістю забезпечення якісно нових та необхідних характеристик їх функціонування. Формування нових характеристик досягається шляхом впровадження відповідних змін на рівні структури об'єкта. Отримані результати забезпечують кращі можливості розробки структур автоматичних механізмів затиску за рахунок покращення систематизації огляду збільшеної кількості альтернативних варіантів їх структурних елементів. Це досягнуто шляхом рішення проблеми формального опису та можливості представлення структурних елементів, що функціонують на основі різних фізичних ефектів, в межах однієї предметної області матриці систематизації. Отримані результати забезпечують підсилення евристичного потенціалу у конструюванні та можливість залучення розширеного спектру фізичних ефектів, придатних

для ефективної передачі та перетворення енергії в умовах функціонування автоматичних механізмів затиску. Можливість опису структурних елементів у вигляді цифрових кодів сприяє підвищенню ефективності аналізу та обробки інформації початкових етапів конструювання. З використанням кодів відібраних структурних елементів складено три послідовності, що відповідають структурам автоматичних механізмів затиску зі скороченими записами [1.7–2.4]–(1.1–2.3); [1.7–2.6]–(1.1–2.3); [1.7–2.6+1.6/1.7–2.1]–(1.1–2.3). На їх основі розроблено конструкції автоматичних механізмів затиску з прогнозовано кращими характеристиками та розширеними технологічними можливостями.

**Ключові слова:** привод механізму затиску, затискний патрон, шпindel, зусилля затиску, структура механізму.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265304

#### РОЗРОБКА АЛМАЗНИХ БУРИЛЬНИХ ГОЛОВОК ІЗ ГІДРОСТРУМИННИМ ЕФЕКТОМ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД (с. 36–43)

Toktamys Mendebaev, Nurlan Smashov

З аналізу матеріалів з розробки та експлуатації бурової техніки випливає, що важливим напрямом у пошуку ефективного розв'язання є вдосконалення конструкції робочої матриці алмазних бурильних головок та розширення їх технологічних можливостей використанням у їх схемах фізичних ефектів, нетрадиційних у галузі техніки буріння свердловин.

Завдання, що вирішуються, – зниження енерговитрат процесу поглиблення свердловин, отримання структурно цілісного, інформативного керна та забезпечення стійкості стін свердловин.

Наслідуючи концепції, розроблені та випробувані при бурінні свердловин алмазні бурильні головки з роздільною системою промивних каналів та з гідроструминним ефектом руйнування гірських порід.

Новизна конструкції бурильних головок – напрям напірного потоку рідини на сході вибою свердловин, що повторюють форму матриці, винос шламу по канавках і радіальним пазам, обробка стінки свердловин.

Розроблено спеціальну технологію виготовлення алмазних бурильних головок зі складною геометрією матриці.

Відпрацювання алмазних бурильних головок у різному конструктивному виконанні проведено у виробничих умовах буріння свердловин на воду та родовищах поліметалів. Встановлено, що за якістю розв'язування завдань та техніко-економічними показниками вони мають суттєву перевагу в порівнянні з серійною технікою за механічною швидкістю буріння свердловин, енерговитратами та структурною цілісністю керну.

Показовими є порівняльні стани форми, поперечного розміру гідрогеологічної свердловини, чистоти обробки стінки останньої, пробурені алмазними бурильними головками та серійною технікою шарошечними долотами. Забезпечується структурна цілісність керна відібраного серійним колонковим набором HQ у компонованні із бурильними головками із гідроструминним ефектом руйнування гірських порід.

**Ключові слова:** бурильні головки, гідроструминне руйнування, інформативний kern, алмазна матриця, ступінчаста, багатоступінчаста.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265767

#### РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ТА НАПРУЖЕНЬ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЦИФРОВОЇ КОРЕЛЯЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ (с. 44–52)

В. М. Коржик, В. Ю. Хаскін, В. В. Савицький, І. М. Клочков, В. В. Квасницький, А. О. Перепічай, С. І. Пелешенко, А. А. Гринюк, А. О. Альошин, О. П. Шуткевич

Об'єктом дослідження є визначення напружено-деформованого стану (НДС) звареного виробу шляхом застосування кількісного неруйнівного контролю. Актуальність дослідження пов'язана із необхідністю створення універсальної методики неруйнівного кількісного визначення НДС з використанням найпростіших підходів та засобів забезпечення. Для вирішення даної проблеми розробили розрахунково-експериментальну методику. Дана методика базується на порівнянні цифрових стереозображень окремих ділянок (просторових примітивів) виробу до і після його зварювання з подальшою комп'ютерною обробкою. Для апробації розробленої методики провели визначення НДС циліндричного виробу з алюмінієвого сплаву 7005, на торці якого приварювалися лазерним способом кільцевими швами два фланці. Встановлено, що після виконання чотирьох діаметрально протилежних точкових прихваток залишкові деформації торців виробу можуть сягати 0,02–0,05 мм, а після виконання неперервних кільцевих швів – знижуватися до 0,01–0,02 мм. Розрахунок показав, що величини залишкових деформацій торця виробу після зварювання кільцевого шва знаходяться на рівні 0,02 мм, а залишкових напружень у цій же зоні – в межах 50–60 МПа. Відхилення у збігу залишкових деформацій перебуває у межах 10–20 %, що є задовільним результатом і може розглядатися як похибка результатів визначення НДС загалом. На основі розробленої методики визначення НДС створено дослідно-промисловий комплекс, що дозволяє виконувати TIG та PAW зварювання об'єктів зі сталей та сплавів з можливістю визначення одержуваного в результаті напружено-деформованого стану цих об'єктів. Створені методика та обладнання можуть застосовуватися для неруйнівного визначення НДС просторових конструкцій зі сталей і сплавів.

**Ключові слова:** напружено-деформований стан, неруйнівний контроль, цифрова кореляція зображень (DIC), лазерне зварювання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266219

#### ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ (с. 53–61)

А. І. Ковальов, Р. Р. Пурденко, Ю. А. Отрош, В. І. Томенко, Н. В. Рашкевич, Е. Е. Щолоков, М. В. Підгорний, Н. М. Золотова, О. Ю. Супрун

Розроблено скінчено-елементну модель для теплотехнічного розрахунку вогнезахисного залізобетонного перекриття, яка призначена для оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій. Особливістю моделі є правильний вибір типів теплообміну в порожнинах залізобетонного перекриття. Застосовано алгоритм, що включає експериментальні та розрахункові процедури при визначенні вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій. Сформульовані початкові, граничні умови

при побудові моделі, обґрунтовані теплотехнічні властивості матеріалів. Проведено теплотехнічний розрахунок вогнезахисного багатопустотного залізобетонного перекриття в умовах впливу пожежі. Проведено перевірку адекватності розробленої скінчено-елементної моделі. Встановлено задовільну збіжність експериментальних та розрахункових температур з точністю до 10 %, що задовольняє інженерні розрахунки.

Розроблена модель дозволяє проводити оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій. Таким чином, є підстави стверджувати, що розроблена модель може частково або повністю замінити експериментальне оцінювання вогнестійкості при умові правильності побудови та задавання параметрів моделі.

**Ключові слова:** вогнестійкість конструкції, теплотехнічний розрахунок, залізобетонні конструкції, вогнезахисне покриття, оцінювання вогнестійкості.

---

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265869

### РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМУВАННЯ КОРІНЦЕВОЇ ПОЛІМЕРНОЇ ПЛАСТИНИ В КНИЖКОВИХ БЛОКАХ ЗШИТИХ НИТКАМИ (с. 62–73)

О. О. Палюх, П. О. Киричок, Є. В. Штефан, А. В. Тітов

Об'єктом дослідження є процеси деформування корінцевої полімерної пластини армованої стібками ниток з попереднім натягом в книжкових блоках зшитих нитками. Проведені аналітичні та експериментальні дослідження ґрунтуються на застосуванні методики розроблення імітаційної моделі процесу деформування клейової полімерної пластини. Основне припущення дослідження полягає в тому, що використання інформаційного забезпечення імітаційного моделювання сприятиме удосконаленню конструктивно-технологічних параметрів корінцевої частини книжкових блоків зшитих нитками. Цього неможливо досягнути без аналізу та декомпозиції технічної системи книжкового блоку, класифікації підсистем й опису їх у виді скінченої сукупності класів та зв'язків між ними. Запропоновано методику визначення механізму взаємодії елементів корінцевої частини книжкових блоків зшитих нитками. Показано, що залишкова циклічна деформація клейової пластини та стібків імплантованих ниток залежить від міцності зв'язків між елементами з'єднаної структури матеріалів. Також вона залежить від числа циклів дискретних навантажень неоднорідних за розмірними показниками й місцем їх прикладання. Це зв'язано з тим, що в структуру клейової пластини лише частково імплантовано стібки зшивальних ниток, інша ж частина, яка скріплює фальці зошитів, знаходиться за межами клейової пластини. Виявлено вплив циклічних навантажень прикладених під різним кутом щодо стібків ниток. Кутова розбіжність коливається у випадку застосування клею ПВАД Д51С в межах 0,735–0,907, а термоклею Technomelt GA3636 0,913–0,940. Розроблена імітаційна модель процесів деформування корінцевої полімерної пластини дозволяє визначити механізм взаємодії елементів корінцевої частини книжкових блоків та прогнозувати довговічність виробу.

**Ключові слова:** імітаційна модель, корінцева клейова пластина, імплантовані стібки ниток, дискретні навантаження.

---

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265778

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ СИСТЕМИ ПРОМИВАННЯ МОЛОЧНОЇ ЛІНІЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ (с. 74–81)

А. П. Палій, Е. Б. Алієв, А. П. Палій, Я. М. Котко, Р. В. Колінчук, Є. М. Лівощенко, О. М. Чекап, С. М. Назаренко, Л. П. Лівощенко, Л. М. Ускова

Застосування способів ефективного очищення молокопровідних шляхів доїльних установок – це важливий шлях покращення якості молока та підвищення продуктивності праці у молочному тваринництві.

Об'єктом досліджень слугувала система промивання молочної лінії доїльної установки з верхнім молокопроводом.

Так вирішувалася проблема раціонального використання енергоресурсів при здійсненні регламентної операції – промивання доїльної установки.

Експериментальні дослідження були проведені за планом Бокса-Бенкіна другого порядку для 3 факторів (швидкість руху миючого розчину  $V$ , температура миючого розчину  $T$ , тривалість фази прополіскування  $t$ ). При цьому використовувався математичний апарат планування багатфакторного експерименту за D-оптимальним планом.

Встановлено, що зі збільшенням швидкості руху миючого розчину та температури, а також тривалості фази прополіскування, кількість мікроорганізмів на поверхнях вузлів і елементів молокопровідної лінії зменшується. Молочні лінії доїльної установки з будь-якого матеріалу краще очищаються більш гарячим мийним розчином (40 °С), ніж холодним (20 °С). Так, при очищенні розчином 40 °С сталі нержавіючої та алюмінію харчового зменшення мікроорганізмів становить 4,3 рази, скла – 4 рази, гуми – 4,7.

Суть дослідіу полягала у встановленні закономірностей при очищенні молочної лінії з різних матеріалів.

Визначено вплив режимних параметрів (швидкості руху миючого розчину  $V$ , його температури  $T$  та тривалості фази прополіскування  $t$ ) на енерговитрати доїльної установки  $E$ .

Вирішено компромісну задачу раціоналізації режимів промивання молочних ліній доїльної установки. Так, отримано раціональні режимні параметри системи промивання:  $V=2,4$  м/с,  $T=38,2$  °С,  $t=3,2$  хв. При цих параметрах критерії оптимізації дорівнюють:  $N=79$  тис. КУО/см<sup>3</sup>,  $Q=23,3$  л,  $E=8,08$  кВт·год.

**Ключові слова:** доїльне обладнання, процес очищення, промивання молокопроводу, витрати води, енерговитрати.