

**MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.279032

ANALYSIS OF INTENSIFICATION OF ZEOLITE DRYING ON A VIBRATING CONVEYOR DRYER WITH INFRARED EMITTERS

pages 6–9

Vitalii Kushmiruk, Postgraduate Student, Department of Machines and Apparatus of Chemical and Oil Refining Production, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4710-9331>, e-mail: vitalikkushmiruk619@gmail.com

Oleh Novokhat, PhD, Associate Professor, Department of Machines and Apparatus of Chemical and Oil Refining Production, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1198-6675>

The object of the research is the drying process of zeolite. The work is dedicated to analyzing an effective method for intensifying the drying process of zeolite while preserving its structural integrity. For the given task, it was necessary to choose a promising drying method with minimized heat loss and preservation of the quality indicators of zeolite. Zeolite has a wide range of applications, including soil improvement, mineral fertilizer for plant growth, dietary supplement for animal feed, air, and water purification. The crucial process for obtaining high-quality natural zeolite is the drying process. In its natural state, zeolite contains moisture, and an excess of it can deteriorate its consumer properties. Therefore, considering the best and most efficient method of zeolite drying is a promising task today.

There is no available data on drying zeolite using radiation methods in the literature. Typically, this material is dried in rotary dryers. However, this drying method often results in a significant percentage of zeolite being crushed into dust. Many industries require a granular structure for zeolite. With radiation drying, this drawback is absent or the percentage of crushed zeolite into dust is minimal.

The main methods of drying zeolite have been examined, revealing a fact that indicates an incorrect approach to the drying process. Factors influencing the deterioration of zeolite's quality during drying have been analyzed. These factors have several drawbacks that affect the final product, namely: crushing zeolite into powder, over-drying, which affects its quality and poses a general scientific problem. The drawbacks of drying zeolite using the main methods have been identified.

The authors have developed a dryer design that minimizes the deterioration of the mentioned qualitative characteristics of zeolite, addressing an important scientific and tech-

nical challenge of creating an efficient and environmentally friendly method of zeolite drying using infrared radiation energy and the development of appropriate equipment. The proposed dryer has suggested applications in various fields.

Keywords: zeolite drying, dryer, heat losses, radiation drying, infrared radiation, granular material.

References

1. Shevchenko, O. V. (2010). *Vykorystannia enerhozberhaiuchykh tekhnolohii v krainakh YeS: dosvid dlia Ukrainy*. Analytychna zapyska. Natsionalnyi instytut stratehichnykh doslidzhen.
2. Eroglu, N., Emekci, M., Athanassiou, C. G. (2017). Applications of natural zeolites on agriculture and food production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (11), 3487–3499. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8312>
3. Huang, D., Yang, P., Tang, X., Luo, L., Sundén, B. (2021). Application of infrared radiation in the drying of food products. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 765–777. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.039>
4. Kudra, T., Mujumdar, A. S. (2009). *Advanced Drying Technologies*. CRC Press.
5. Nawaz, Z., Xiaoping, T., Wei, X., Wei, F. (2010). Attrition behavior of fine particles in a fluidized bed with bimodal particles: Influence of particle density and size ratio. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 27 (5), 1606–1612. doi: <https://doi.org/10.1007/s11814-010-0240-5>
6. Oleskiv, N. B., Myrovych, O. V., Oleskiv, B. S. (2008). Pat. No. 41811. *Ustanovka dlia sushinnia syppykh materialiv*. MKP F26B 3/30 (2006.01). No. u200815192; declared: 29.12.2008; published: 10.06.2009, Bul. No. 11.
7. Oleskiv, N. B., Myrovych, O. V., Oleskiv, B. S. (2019). Pat. No. 137307. *Prystrii dlia sushinnia materialiv*. MKP F26B 3/30 (2006.01). No. u201904290; declared: 22.04.2019; published: 10.10.2019, Bul. No. 19.
8. Palamarchuk, I. P., Bandura, V. M., Palamarchuk, V. I. (2014). Pat. No. 87767. *Vibratsiina konveierna susharka z infrachervonomy vyprominiuvachamy. Derzhavna sluzhba intelektualnoi vlasnosti Ukrainy*. MKP F26B 17/00, B01J 2/26 (2006.01). No. u201302520; declared: 28.02.2013; published: 25.02.2014, Bul. No. 4.
9. Khomchuk, A. F., Tsurkan, O. V., Herasymov, O. O., Hrabiuk, Ye. O. (2010). Pat. No. 55923. *Ustanovka dlia sushinnia sypuchykh materialiv*. MKP F26B 17/00. No. u201008536; declared: 08.07.2010; published: 27.12.2010, Bul. No. 24.
10. Lu, C., Tian, X., Guorui, H., Yuyuan, Q. (2022). Pat. No. 210180009. *Nano material radiation drying equipment*. Jiangsu Jinchuang atomic cluster tech institute.
11. Novokhat, O. A., Marchevskiy, V. M. (2018). *Protse sushinnia fliutymhu iz zastosuwniam enerhii infrachervonoho vyprominiuvannia*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 201. Available at: <https://core.ac.uk/reader/323534229>

MATERIALS SCIENCE

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277936

DETERMINATION OF CRITICAL SURFACE TENSION OF WETTING OF TEXTURED WATER-REPELLENT SURFACES

pages 10–13

Oleksiy Myronyuk, PhD, Associate Professor, Department of Chemical Technology of Composition Materials, National Technical

University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0499-9491>, e-mail: o.myronyuk@kpi.ua

The object of study is aluminum textured with a femto-second laser and modified with silanes to reduce surface energy. The presence of a special texture on the surface, such as protrusions or hairs, and the inherently low surface

energy of the material allow maximizing the water repellency properties. The determination of the critical wetting surface tension by the Zisman method has a pronounced wetting transition point, but the coordinates of this point cannot be accurately predicted. In this work, the Zisman method is considered as a tool for comparing the effectiveness of modifiers for femtosecond laser-textured surfaces. In this work, periodic structures were created by laser ablation on the surface of aluminum, the surface was modified to achieve the Cassie state when wetted with water, and the critical surface tension of wetting was determined by the Zisman method. As a result, it is shown that the Zisman method in combination with the data on the water contact angle values is an effective tool for characterizing the quality of surface modification of textured samples. It is shown that for textured aluminum surfaces, the most effective modifier is silane, which maintains the Cassie wetting state, with a contact angle increased from 155 to 160°. Paraffin has been shown to be a less effective modifier with an implicit wetting plateau and a transition in the range of 30 to 40 mN/m. It is shown that the textures that have acquired water repellency in the course of spontaneous hydrophobization are very unstable to the action of liquids with reduced polarity, although they have high values of the water contact angle. In practice, the creation of water-repellent coatings on aluminum is a promising substrate due to their widespread use in the aviation, automotive, and energy industries due to their high mechanical strength, lightness, and stability of properties.

Keywords: water contact angle, surface tension, water repellent coatings, superhydrophobicity, aluminum, femtosecond laser, silanes.

References

- Si, Y., Dong, Z., Jiang, L. (2018). Bioinspired Designs of Superhydrophobic and Superhydrophilic Materials. *ACS Central Science*, 4 (9), 1102–1112. doi: <https://doi.org/10.1021/acscentsci.8b00504>
- Bhushan, B., Jung, Y. C. (2011). Natural and biomimetic artificial surfaces for superhydrophobicity, self-cleaning, low adhesion, and drag reduction. *Progress in Materials Science*, 56 (1), 1–108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2010.04.003>
- Habib, M. A., Wu, S., Fan, Q., Magu, T. O., Yao, X., Lv, J., Wang, J. (2021). Bioinspired in situ repeatable self-recovery of superhydrophobicity by self-reconstructing the hierarchical surface structure. *Chemical Communications*, 57 (68), 8425–8428. doi: <https://doi.org/10.1039/d1cc02974f>
- Ellinas, K., Dimitrakellis, P., Sarkiris, P., Gogolides, E. (2021). A Review of Fabrication Methods, Properties and Applications of Superhydrophobic Metals. *Processes*, 9 (4), 666. doi: <https://doi.org/10.3390/pr9040666>
- Darmanin, T., Guittard, F. (2015). Superhydrophobic and superoleophobic properties in nature. *Materials Today*, 18 (5), 273–285. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2015.01.001>
- Zisman, W. A. (1964). Relation of the Equilibrium Contact Angle to Liquid and Solid Constitution. *Contact Angle, Wettability, and Adhesion*, 1–51. doi: <https://doi.org/10.1021/ba-1964-0043.ch001>
- Janovák, L., Dernovics, Á., Mérai, L., Deák, Á., Sebök, D., Csapó, E. et al. (2018). Microstructuring of poly(3-hexylthiophene) leads to bifunctional superhydrophobic and photo-reactive surfaces. *Chemical Communications*, 54 (6), 650–653. doi: <https://doi.org/10.1039/c7cc07671a>
- Murakami, D., Jinnai, H., Takahara, A. (2014). Wetting Transition from the Cassie-Baxter State to the Wenzel State on Textured Polymer Surfaces. *Langmuir*, 30 (8), 2061–2067. doi: <https://doi.org/10.1021/la4049067>
- Myronyuk, O., Baklan, D., Vasilyev, G. S., Rodin, A. M., Vanagas, E. (2022). Wetting Patterns of Liquid-Repellent Femtosecond Laser Textured Aluminum Surfaces. *Coatings*, 12 (12), 1852. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings12121852>
- Salazar-Hernández, C., Salazar-Hernández, M., Mendoza-Miranda, J. M., Miranda-Avilés, R., Elorza-Rodríguez, E., Carrera-Rodríguez, R., Puy-Alquiza, M. J. (2018). Organic modified silica obtained from DBTL polycondensation catalyst for anticorrosive coating. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 87 (2), 299–309. doi: <https://doi.org/10.1007/s10971-018-4732-9>
- Zhang, B., Zeng, Y., Wang, J., Sun, Y., Zhang, J., Li, Y. (2020). Superamphiphobic aluminum alloy with low sliding angles and acid-alkali liquids repellency. *Materials & Design*, 188, 108479. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.108479>
- Zhang, Z., Wang, W., Korpacz, A. N., Dufour, C. R., Weiland, Z. J., Lambert, C. R., Timko, M. T. (2019). Binary Liquid Mixture Contact-Angle Measurements for Precise Estimation of Surface Free Energy. *Langmuir*, 35 (38), 12317–12325. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b01252>
- Myronyuk, O., Baklan, D., Novoseltsev, A. (2021). Evaluation of the surface energy of solids using two-component mixtures of test liquids. *Herald of Khmelnytskyi National University*, 297 (3), 81–86. doi: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2021-297-3-81-86>
- Yong, J., Yang, Q., Hou, X., Chen, F. (2022). Nature-Inspired Superwettability Achieved by Femtosecond Lasers. *Ultrafast Science*, 2022. doi: <https://doi.org/10.34133/2022/9895418>
- Liu, W., Cai, M., Luo, X., Chen, C., Pan, R., Zhang, H., Zhong, M. (2019). Wettability transition modes of aluminum surfaces with various micro/nanostructures produced by a femtosecond laser. *Journal of Laser Applications*, 31 (2), 022503. doi: <https://doi.org/10.2351/1.5096076>
- Samanta, A., Wang, Q., Shaw, S. K., Ding, H. (2020). Roles of chemistry modification for laser textured metal alloys to achieve extreme surface wetting behaviors. *Materials & Design*, 192, 108744. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.108744>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278121

RESEARCH OF ORTHOTROPIC COMPOSITES FAILURE TAKING INTO ACCOUNT THEIR STRUCTURAL STOCHASTICITY

pages 14–18

Roman Kvit, PhD, Associate Professor, Department of Mathematics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: roman.i.kvit@lpnu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2232-8678>

The object of the study is the construction of the reliability assessing algorithm for the orthotropic composite plate, taking into account the stochasticity of its structure under the conditions of plane deformation. The plate consists of a matrix and reinforcement elements. The main orthotropic directions of the material coincide with the directions of the loading. The conducted studies are based on the failure criteria expressed through the components of macro stresses. The hypothesis of the weakest link is used, which for the case of the statistical theory of strength sounds like this: the ultimate (failure) loading for an orthotropic composite plate is equal to the ultimate loading for its weakest element. Defects-cracks are characterized by independent random

variables – the half-length and the orientation angle between the defect line and the axis of orthotropy with a higher modulus of elasticity. The proposed model of orthotropic composite material corresponds to known experimental studies epoxy phenolic fiberglass on the cord glass fiber. The distribution probabilities density of defect orientation takes into account their predominant orientation in the direction of reinforcement. On the basis of the obtained composite failure loading integral probability distribution function, the construction and study of the dependence of the plate failure probability diagrams for different number of cracks, structural inhomogeneity and type of applied loading was carried out.

Complex application of the composite materials fracture mechanics deterministic solution and the methods of probability theory and mathematical statistics allows for a more adequate assessment of the composite materials reliability, taking into account the stochasticity of their structure.

The main content of this work is the construction and analysis of dependence of stochastically defective reinforced composite materials failure probability diagrams.

The obtained results make it possible to evaluate the reliability of orthotropic stochastically defective materials under conditions of plane deformation.

The algorithm of a compatible combination of defectiveness and randomness of the orthotropic composite material structure makes it possible to qualitatively investigate its failure under various types of applied loading.

Keywords: orthotropic composite material, reliability, structure stochasticity, failure loading, distribution function, failure probability, plate.

References

- Onkar, A. K., Upadhyay, C. S., Yadav, D. (2007). Probabilistic failure of laminated composite plates using the stochastic finite element method. *Composite Structures*, 77 (1), 79–91. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2005.06.006>
- Sakata, S., Ashida, E., Enya, K. (2012). A Microscopic failure probability analysis of a unidirectional fiber reinforced composite material via a multiscale stochastic stress analysis for a microscopic random variation of an elastic property. *Computational Materials Science*, 62, 35–46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2012.05.008>
- Gadade, A. M., Lal, A., Singh, B. (2016). Stochastic progressive failure analysis of laminated composite plates using Puck's failure criteria. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 739–757. doi: <https://doi.org/10.1080/15376494.2015.1029163>
- Saberi, S., Abdollahi, A., Inam, F. (2021). Reliability analysis of bistable composite laminates. *AIMS Materials Science*, 8 (1), 29–41. doi: <https://doi.org/10.3934/mat.2021003>
- Xu, J.-H., Zhou, G.-D., Zhu, T.-Y. (2021). Fatigue Reliability Assessment for Orthotropic Steel Bridge Decks Considering Load Sequence Effects. *Frontiers in Materials*, 8. doi: <https://doi.org/10.3389/fmats.2021.678855>
- Magar, A., Lal, A. (2021). Progressive failure analysis of laminated plate containing elliptical cutout. *International Journal of Structural Integrity*, 12 (4), 569–588. doi: <https://doi.org/10.1108/ijssi-10-2020-0092>
- Baitsar, R., Kvit, R. (2018). Method of the reliability calculation of orthotropic composite materials with random defects. *ScienceRise*, 10 (51), 28–32. doi: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2018.146636>
- Serensen, S. V., Zaitcev, G. P. (1982). *Nesushchaia sposobnost tonkostennykh konstruktsii iz armirovannykh plastikov s defektami*. Kyiv: Naukova dumka, 295.
- Vitvitskii, P. M., Popina, S. Iu. (1980). *Prochnost i kriterii khrupkogo razrusheniia stokhasticheski defektnykh tel*. Kyiv: Naukova dumka, 186.
- Deliavsky, M., Kvit, R. (1992). Macro-stress distribution near crack-like defects in anisotropic micro-inhomogeneous body under flat deformation and longitudinal displacement. *Physico-chemical Mechanics of Materials*, 2, 50–54.
- Koroliuk, V. S., Portenko, N. I., Skorokhod, A. V., Turbin, A. F. (1985). *Spravochnik po teorii veroiatnosti i matematicheskoi statistike*. Moscow: Nauka, 640.
- Cheng, A. S., Laird, C. (1981). Fatigue life behaviour of copper single crystals. Part II: Model for crack nucleation in persistent slip bands. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 4, 343–353. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1460-2695.1981.tb01131.x>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278120

DEVELOPMENT OF METHOD FOR ANTI-ICING MATERIALS CONSUMPTION OPTIMIZATION DURING WINTER ROAD MAINTENANCE

pages 19–23

Anna Kharchenko, Doctor of Technical Science, Professor, Department of Transport Construction and Property Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8166-6389>, e-mail: anna-x3@ukr.net

Anatolii Smirnov, Postgraduate Student, Department of Transport Construction and Property Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8389-6812>

The object of research is the processes of managing the consumption of anti-icing materials during the winter maintenance of highways. The main hypothesis of the research is the application of mathematical modelling methods to optimize the consumption of anti-icing materials. The study considered the factors that affect the use of both individual types and anti-icing materials as a whole. It was determined that the temperature of the road surface and the selected winter maintenance strategy taking into account the level of service (LOS) are significant factors. A mathematical model of material consumption optimization based on the binary numbering system is proposed. Additional limitations to the model have been established: compliance with the criteria of reliability, preservation of assets, road safety, compliance with user expectations (social factor), environmental friendliness, efficiency of the use of materials. An algorithm for the application of the method of optimizing the consumption of anti-icing materials during the winter maintenance of highways has been developed. It was determined that the developed method solves the main problem of minimizing the costs of anti-icing materials, taking into account the requirements of the level of service, the chosen strategy, the temperature of the road surface and the criteria of impact on winter maintenance. It is proposed to implement the calculation according to this method using the built-in «Parameter selection» function in the Microsoft Excel license environment (USA). The results obtained by the optimization method, based on real data, showed the possibility of saving materials by about 23 %, which confirms the effectiveness of the proposed solutions.

The results of calculations based on the method of optimization of material consumption have practical value and can be used to make management decisions regarding the justification of winter road maintenance operations. The proposed method can be used both for the cost planning phase and in the case of analysis in the post-implementation period. This is an important aspect in the conditions of financial and resource uncertainty, including those related to circumstances of force majeure, in particular, martial law in Ukraine.

Keywords: optimization method, winter maintenance, anti-icing materials, rate of consumption of materials.

References

1. Vignisdottir, H. R., Ebrahimi, B., Booto, G. K., O’Born, R., Brattebø, H., Wallbaum, H., Bohne, R. A. (2019). Life cycle assessment of winter road maintenance. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25 (3), 646–661. doi: <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01682-y>
2. Trenouth, W. R., Gharabaghi, B., Perera, N. (2015). Road salt application planning tool for winter de-icing operations. *Journal of Hydrology*, 524, 401–410. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.004>
3. Zitková, J., Hegrová, J., Anděl, P. (2018). Bioindication of road salting impact on Norway spruce (*Picea abies*). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 58–67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.010>
4. Cui, N., Xie, N., Shi, X.; Shi, X., Fu, L. (Eds.) (2018). A Framework for Life-Cycle Sustainability Assessment of Road Salt Used in Winter Maintenance Operations. *Sustainable Winter Road Operations*. Wiley, 7–22. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119185161.ch2>

5. Maze, T. H. (2009). *Performance Measures for Snow and Ice Control Operations*. doi: <https://doi.org/10.17226/23051>
6. Malovrh Rebec, K., Turk, J. (2023). Pathway toward Sustainable Winter Road Maintenance (Case Study). *Life Cycle Assessment*. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.110764>
7. Fu, L., Trudel, M., Kim, V. (2009). Optimizing winter road maintenance operations under real-time information. *European Journal of Operational Research*, 196 (1), 332–341. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.03.001>
8. Terry, L. G., Conaway, K., Rebar, J., Graettinger, A. J. (2020). Alternative Deicers for Winter Road Maintenance – A Review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231 (8). doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04773-x>
9. Mbiyana, K. (2018). Winter Road Maintenance Planning-Decision Support Modelling. *Luleå University of Technology. Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering*, 66.
10. Kharchenko, A., Zaviyskiy, O., Tsybulskiy, V., Zavorotnyi, S. (2021). Development of methods for parameters of long-term contracts optimization for operational road maintenance. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (2 (57)), 49–53. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225532>
11. Kanin, A., Kharchenko, A., Tsybulskiy, V., Sokolova, N., Shpyh, A. (2022). Construction of a simulation model for substantiating the parameters of long-term road maintenance contracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (3 (116)), 33–42. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253652>

ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277346

HIGHER ORDER DISPERSIONS EFFECT ON HIGH-ORDER SOLITON INTERACTIONS

pages 24–29

Khadidja Khelil, PhD, Department of Physics, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1168-7231>

Azzeddine Dekhane, Lecturer, LTSE Laboratory, Ecole Nationale Supérieure de Technologie et d’Ingénierie, Annaba, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0328-8452>

Aissa Benselhoub, PhD, Associate Researcher, Environmental Research Center (C.R.E), Annaba, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5891-2860>, e-mail: aissabenselhoub@cre.dz

Stefano Bellucci, Senior Researcher, INFN Frascati National Laboratories, Frascati, Italy, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0326-6368>

The object of the research is deleting the interaction of the higher order soliton interaction by introducing the third and fourth order dispersions inside an optical fiber. The results are obtained by the simulation of the nonlinear Schrödinger equation, which models the propagation of solitons in the optical fiber using the method of Fast Fourier Transform.

The interaction of two higher order solitons due to the attraction of their electric field can lead to losing the solitons’ properties. Hence, this can prevent the use of solitons in high-bit-rate optical fiber communication systems because it

increases the bit error rate, significantly limiting the potential of the communication system. To resolve this problem, we should diminish the bit rate error by avoiding the interaction of the co-propagative solitons when they are too close.

It is well known that, during higher order soliton propagation in the presence of the third order dispersion, the irregular shape of the higher order soliton disappears, and a splitting towards its fundamental constituents occurs after a considerable propagation. As for the fourth order, dispersion gives rise to two dispersive wave sidebands on the red or blue side. Our results reveal that bringing two higher order solitons together in the presence of the fourth order dispersion, a series of interactions between the components generated after their fission is obtained. In the third-order distribution, besides the fourth-order diffusion, the rare form and the supercontinuum generated by the fission of the higher-order solitons disappear, and we get two fundamental solitons propagating in parallel with a temporal shift and some inconsiderable dispersive waves. The most important aspect is that both higher-order dispersions are able to suppress the interactions of higher-order solitons thanks to the time shift induced by the third-order distribution and the intermittent compression caused by the fourth-order scattering. These results can be obtained in practice inside the dispersion-engineered photonic crystal waveguide (PhC-wg), which allows for manipulating the high order dispersion.

Keywords: higher order solitons, soliton fission, dispersions, nonlinearity, optical fiber, supercontinuum.

References

1. Khan, K. R., Mahmood, M. F., Biswas, A. (2014). Coherent Super Continuum Generation in Photonic Crystal Fibers at Visible

- and Near Infrared Wavelengths. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 20 (5), 573–581. doi: <https://doi.org/10.1109/jstqe.2014.2302353>
2. Hernandez-Garcia, J. C., Estudillo-Ayala, J. M., Mata-Chavez, R. I., Pottiez, O., Rojas-Laguna, R., Alvarado-Mendez, E. (2013). Experimental study on a broad and flat supercontinuum spectrum generated through a system of two PCFs. *Laser Physics Letters*, 10 (7), 075101. doi: <https://doi.org/10.1088/1612-2011/10/7/075101>
 3. Dudley, J. M., Genty, G., Coen, S. (2006). Supercontinuum generation in photonic crystal fiber. *Reviews of Modern Physics*, 78 (4), 1135–1184. doi: <https://doi.org/10.1103/revmodphys.78.1135>
 4. Smirnov, S. V., Ania-Castanon, J. D., Ellingham, T. J., Kobtsev, S. M., Kukarin, S., Turitsyn, S. K. (2006). Optical spectral broadening and supercontinuum generation in telecom applications. *Optical Fiber Technology*, 12 (2), 122–147. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2005.07.004>
 5. Lü, X., Zhu, H.-W., Meng, X.-H., Yang, Z.-C., Tian, B. (2007). Soliton solutions and a Bäcklund transformation for a generalized nonlinear Schrödinger equation with variable coefficients from optical fiber communications. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 336 (2), 1305–1315. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2007.03.017>
 6. Meng, X.-H., Zhang, C.-Y., Li, J., Xu, T., Zhu, H.-W., Tian, B. (2007). Analytic Multi-Solitonic Solutions of Variable-Coefficient Higher-Order Nonlinear Schrödinger Models by Modified Bilinear Method with Symbolic Computation. *Zeitschrift Für Naturforschung A*, 62 (1-2), 13–20. doi: <https://doi.org/10.1515/zna-2007-1-203>
 7. Yu, T., Golovchenko, E. A., Pilipetskii, A. N., Menyuk, C. R. (1997). Dispersion-managed soliton interactions in optical fibers. *Optics Letters*, 22 (11), 793–795. doi: <https://doi.org/10.1364/ol.22.000793>
 8. Herrmann, J., Griebner, U., Zhavoronkov, N., Husakou, A., Nickel, D., Knight, J. C. et al. (2002). Experimental Evidence for Supercontinuum Generation by Fission of Higher-Order Solitons in Photonic Fibers. *Physical Review Letters*, 88 (17). doi: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.88.173901>
 9. Wai, P. K. A., Chen, H. H., Lee, Y. C. (1990). Radiations by «solitons» at the zero group-dispersion wavelength of single-mode optical fibers. *Physical Review A*, 41 (1), 426–439. doi: <https://doi.org/10.1103/physreva.41.426>
 10. Elgin, J. N. (1993). Perturbations of optical solitons. *Physical Review A*, 47 (5), 4331–4341. doi: <https://doi.org/10.1103/physreva.47.4331>
 11. Karpman, V. I. (1993). Radiation by solitons due to higher-order dispersion. *Physical Review E*, 47 (3), 2073–2082. doi: <https://doi.org/10.1103/physreve.47.2073>
 12. Akhmediev, N., Karlsson, M. (1995). Cherenkov radiation emitted by solitons in optical fibers. *Physical Review A*, 51 (3), 2602–2607. doi: <https://doi.org/10.1103/physreva.51.2602>
 13. Roy, S., Bhadra, S. K., Agrawal, G. P. (2009). Dispersive waves emitted by solitons perturbed by third-order dispersion inside optical fibers. *Physical Review A*, 79 (2). doi: <https://doi.org/10.1103/physreva.79.023824>
 14. Wai, P. K. A., Menyuk, C. R., Lee, Y. C., Chen, H. H. (1986). Nonlinear pulse propagation in the neighborhood of the zero-dispersion wavelength of monomode optical fibers. *Optics Letters*, 11 (7), 464. doi: <https://doi.org/10.1364/ol.11.000464>
 15. Biswas, A. (2004). Stochastic perturbation of optical solitons in Schrödinger-Hirota equation. *Optics Communications*, 239 (4-6), 461–466. doi: <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2004.06.047>
 16. Biswas, A., Jawad, A. J. M., Manrakhan, W. N., Sarma, A. K., Khan, K. R. (2012). Optical solitons and complexitons of the Schrödinger-Hirota equation. *Optics & Laser Technology*, 44 (7), 2265–2269. doi: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2012.02.028>
 17. Kohl, R., Milovic, D., Zerrad, E., Biswas, A. (2009). Soliton perturbation theory for dispersion-managed optical fibers. *Journal of Nonlinear Optical Physics & Materials*, 18 (2), 227–270. doi: <https://doi.org/10.1142/s0218863509004592>
 18. Topkara, E., Milovic, D., Sarma, A. K., Zerrad, E., Biswas, A. (2010). Optical soliton perturbation with full nonlinearity in non-Kerr law media. *Journal of Optical and Fiber Communications Research*, 7 (1-4), 43–59. doi: <https://doi.org/10.1007/s10297-010-9007-3>
 19. Biswas, A., Topkara, E., Johnson, S., Zerrad, E., Konar, S. (2011). Quasi-stationary optical solitons in non-kerr law media with full nonlinearity. *Journal of nonlinear optical physics & materials*, 20 (3), 309–325. doi: <https://doi.org/10.1142/s0218863511006108>
 20. Biswas, A., Milovic, D., Savescu, M., Mahmood, M. F., Khan, K. R., Kohl, R. (2012). Optical soliton perturbation in nanofibers with improved nonlinear Schrodinger's equation by semi-inverse variational principle. *Journal of Nonlinear Optical Physics & Materials*, 12 (4). doi: <https://doi.org/10.1142/s0218863512500543>
 21. Biswas, A., Milovic, D., Girgis, L. (2013). Quasi-stationary optical Gaussons. *Optik – International Journal for Light and Electron Optics*, 124 (17), 2959–2962. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2012.09.055>
 22. Xu, Y., Jovanoski, Z., Bouasla, A., Triki, H., Moraru, L., Biswas, A. (2013). Optical solitons in multi-dimensions with spatio-temporal dispersion and non-kerr law nonlinearity. *Journal of Nonlinear Optical Physics & Materials*, 22 (3), 1350035. doi: <https://doi.org/10.1142/s0218863513500355>
 23. Biswas, A., Khan, K., Rahman, A., Yildirim, A., Hayat, T., Aldossary, O. M. (2012). Bright and dark optical solitons in birefringent fibers with Hamiltonian perturbations and Kerr law nonlinearity. *The Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 14 (7-8), 571–576.
 24. Bhrawy, A. H., Alshaery, A. A., Hilal, E. M., Manrakhan, W. N., Savescu, M., Biswas, A. (2014). Dispersive optical solitons with Schrödinger-Hirota equation. *Journal of Nonlinear Optical Physics & Materials*, 23 (1), 1450014. doi: <https://doi.org/10.1142/s0218863514500143>
 25. Wang, J., Wang, S., Chu, X., Sun, M. (2013). Numerical Study on Optical Solitons Transmission System with 40 Gbit/s in the Photonic Crystal Fiber. *Optics and Photonics Journal*, 3 (2), 141–146. doi: <https://doi.org/10.4236/opj.2013.32023>
 26. Elgin, J. N., Brabec, T., Kelly, S. M. J. (1995). A perturbative theory of soliton propagation in the presence of third order dispersion. *Optics Communications*, 114 (3-4), 321–328. doi: [https://doi.org/10.1016/0030-4018\(94\)00602-q](https://doi.org/10.1016/0030-4018(94)00602-q)
 27. Biswas, A., Milovic, D. (2009). Optical Solitons with Fourth Order Dispersion and Dual-power Law Nonlinearity. *International Journal of Nonlinear Science*, 7 (4), 443–447.
 28. Elshater, M. E. M., Zayed, E. M. E., Al-Nowehy, A-G. (2016). Solitons and other solutions to nonlinear Schrödinger equation with fourth-order dispersion and dual power law nonlinearity using several different techniques. *Optik, International Journal for Light and Electron Optics*.
 29. Khelil, K., Saouchi, K., Bahloul, D. (2020). Effect of fourth order dispersion on solitonic interactions. *Ukrainian Journal of Physics*, 4.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278280

DEVELOPMENT OF A METHOD OF ANALYSIS OF ENERGY AND INFORMATION CHARACTERISTICS OF WIRELESS NETWORKS OF CRITICAL APPLICATION UNDER CONDITIONS OF LIMITATIONS ON THE SIGNAL/(INTERFERENCE PLUS NOISE) RATIO

pages 30–34

Serhii Vodopianov, PhD, Department of Computer Information Technologies, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0424-6173>

Oksana Martynova, PhD, Associate Professor, Department of System Programming and Specialized Computer Systems, National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1250-134X>, e-mail: ksmartyn2015@gmail.com

Arkadii Krainosvit, Assistant, Department of System Programming and Specialized Computer Systems, National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2246-6121>

The object of the research, the results of which are presented in the article, is the process of analyzing the energy and information characteristics of wireless networks of critical application. The presented article examines the problems of information and telecommunication systems of air transport as hard real-time systems. Thanks to the development of methods for analyzing the bandwidth of heterogeneous networks that function under the conditions of external interference, caused, among other things, by the random nature of multiple access, the asymptotic characteristics of networks and their dependence on the number of network and terminal nodes, the size of the network as a whole, were obtained. The specificity of wireless networks is the propagation of signals through a free environment, that is, fundamentally open access to signals as carriers of information that is transmitted from one subscriber to another. Based on the results of the analysis of promising information and communication and computer networks of critical application, it was found that

the main problems for networks are their vulnerability to external interference of various origins, which worsens QoS indicators, in particular, performance. Therefore, in addition to the general problems of managing information and telecommunication networks, the problems of protection against unauthorized interference and external interference of various origins are quite acute in wireless networks. In order to constantly monitor network characteristics at the proper level, a method of calculating the current signal/(interference plus noise) ratio has been developed. According to the results of the analysis of the energy and information characteristics of the network, their relationship is established, which is not always obvious, but very indicative and useful, for example, for solving the tasks of multi-criteria optimization of parameters and management of the network state.

Keywords: air transport, wireless information and telecommunication system, energy characteristics of the network, network performance.

References

1. Drovovozov, V. I., Vodopianov, S. V., Zhuravel, S. V. (2022). Protection of vehicle networks against unauthorized access through isolation of exchange protocols. *Problems of Informatization and Management*, 4 (72), 26–34. doi: <https://doi.org/10.18372/2073-4751.72.17458>
2. Ciunzo, D., Rossi, P. S. (Eds.) (2019). *Data Fusion in Wireless Sensor Networks*. Michael Faraday House, 323.
3. *Radio Resource Management White Paper* (2018). Cisco Systems, Inc., 52.
4. Frenzel, L. (2022). *Principles of Electronic Communication Systems*. McGraw Hill, 946.
5. Shen, X., Zhang, X. L. K. (Eds.) (2020). *Encyclopedia of Wireless Networks*. Springer Nature, 1566.
6. Dordal, P. L. (2019). *An Introduction to Computer Networks*. Loyola University of Chicago, 872.
7. Gentle, J. E., Mori, Y., Härdle, W. K. (Eds.) (2012). *Handbook of Computational Statistics Concepts and Methods*. Springer, 1204. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21551-3>
8. Tanenbaum, A. S. (2011). *Computer Networks*. Prentice Hall, 960.
9. Kurose, J. F., Ross, K. W. (2017). *Computer Networking: A Top-Down Approach*. Pearson Education, Inc., 864.
10. Vodopianov, S. V. (2018). *Metody pobudovy avtonomnykh kompiuternykh shementiv aerovuzlovoi merezhi*. Kyiv: NAU, 164.

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.280103

EXPERIENCE AND PROSPECTS OF INNOVATIVE MAIN ROADWAYS CONSTRUCTION AND MAINTENANCE TECHNOLOGIES OF NEW COAL UNITS OF PJSC «MINE MANAGEMENT «POKROVSKE»

pages 35–42

Viktor Levit, Doctor of Technical Science, Professor, Department of Geotechnical Engineering, Donetsk National Technical University, Pokrovsk, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2980-5879>

Viacheslav Kamenets, PhD, Associate Professor, Department of Mining, Technical University «Metinvest Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8169-2544>, e-mail: viacheslav.kamenets@mipolytech.education

Denis Chebotenko, Mining Engineer, Deputy Production Director, Mine Construction Company LLC, Pokrovsk, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3915-7800>

The object of research is the proven and promising innovative technologies for the construction and maintenance of main roadways in difficult mining and geological terms of the Private Joint Stock Company (PJSC) Pokrovsk Mine Management of Metinvest-Pokrovskvugillia Group (Ukraine).

The problem focused by the research is to ensure the effective innovative and modernized known technologies application of the main roadways construction and maintenance in new coal units. Namely, the roadways and chambers of the shaft yards, long horizontal and inclined main roadways to improve their operational state and technical and economic indicators of mining engineering and extracting operations.

Based on the accumulated production experience, the results of the roadways state survey under construction and in operation, analysis of documentation and scientific and technical developments of world scientific institutions, recommendations for the investment projects implementation in terms of construction and mining technologies optimizing had formulated. The recommendations include the introduction of combined support systems adapted to mine management conditions, tunneling equipment of a new technical level of the world's best producers, methods of roadways maintaining by location in offloaded areas, and modern means of Geomechanic situation monitoring. The expected economic benefit of reducing the cost of roadways maintaining may be 20–25 %.

The results are summaries of cooperation with the engineering and technical staff of Mine Management Pokrovske and Metinvest Holding.

The results can be used in practice now, and more broadly after the victory and the start of economic recovery, including in Ukraine's mining sector.

Keywords: coal unit, investment project, main roadways, roadway construction, maintenance technologies, innovations in mining.

References

1. *Proekt «Rozkryttia ta pidhotovka zapasiv bloku No. 11 PrAT «ShU «Pokrovske». Nove budivnytstvo. s. Pishchane, Donetskoj oblasti.* Upravlinnia proiektno-vyshukuvalnykh robit TOV «ShSP No. 3». Zi zminamy 2022 r.
2. *Proekt «Rozkryttia ta pidhotovka zapasiv blokiv No. 12 PrAT «ShU «Pokrovske». Nove budivnytstvo. s. Zelene, Donetskoj oblasti.* Upravlinnia proiektno-vyshukuvalnykh robit TOV «ShSP No. 3». Zi zminamy 2021 r.
3. Sdvizhkova, E. A., Kravchenko, K. V., Khalimendik, A. V., Khalimendikov, E. N., Ianzhula, A. S. (2011). Analiz proiavlennii gornogo davlennia pri provedenii protiazhenykh vyrabotok v raione melkoamplitudnykh geologicheskikh narushenii (na primere uklona bloka No. 10 ShU «Pokrovske»). *Naukovi praci UKRNDMI NAN Ukraini*, 9 (1), 269–281.
4. Kusen, O. B., Nazymko, V. V., Yaitsov, O. O. (2018). Perfection of construction of frame-anchor fastening of joint resistance. *Geo-Technical Mechanics*, 141, 124–133. doi: <https://doi.org/10.15407/geotm2018.141.124>
5. Sakhno, I., Sakhno, S., Kamenets, V. (2022). Mechanical model and numerical analysis of a method for local rock reinforcing to control the floor heave of mining-affected roadway in a coal mine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 970 (1), 012035. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/970/1/012035>
6. Kamenets, V., Kobylanskyi, O., Fedalchenko, M. (2018). Development of the mine workings construction technologies at the Krasnoarmiisk coal industrial area mines. *Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing*. Petroșani: UNIVERSITAS Publishing, 129–131.
7. Solodiankin, A. V., Vygodin, M. A., Kravchenko, K. V., Prokudin, A. Z. (2016). Obosnovanie racionalnykh parametrov tekhnologii tamponazha zakrepnogo prostranstva. *Visti Donetskogo girmichogo institutu*, 1, 22–29.
8. Nazimko, V. V., Iliashov, M. A., Iaitcov, A. A., Demchenko, A. I. (2007). Sovershenstvovanie kombinirovannoi ramno-ankernoi krepki podgotovitelnykh vyrabotok. Razrabotka rudnykh mestorozhdenii. *Trudy KGTU*, 91, 76–79.
9. Kang, H. (2014). Support technologies for deep and complex roadways in underground coal mines: a review. *International Journal of Coal Science & Technology*, 1 (3), 261–277. doi: <https://doi.org/10.1007/s40789-014-0043-0>
10. Solodyankin, O., Hapiev, S., Vygodin, M., Yanko, V. (2017). Energy Efficient Technologies to Support Mine Workings under Complicated Geomechanical Conditions. *Advanced Engineering Forum*, 25, 35–42. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/aef.25.35>
11. Myasnikov, I. V., Hapiev, S. M., Vygodin, M. O., Prokudin, O. Z. (2018). New types of interframe walls for load-bearing strength increasing of main mine workings support. *Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice*, 13, 67–74. doi: <https://doi.org/10.15802/bttrp2018/151908>
12. Ficek, P., Kuczowicz, K., Wróbel, S., Rotkegel, M. (2019). Load Capacity of steel arches with shotcrete coating. *E3S Web of Conferences*, 133, 02006. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913302006>
13. Dyczko, A., Kamiński, P., Jarosz, J., Rak, Z., Jasiulek, D., Sinka, T. (2021). Monitoring of Roof Bolting as an Element of the Project of the Introduction of Roof Bolting in Polish Coal Mines – Case Study. *Energies*, 15 (1), 95. doi: <https://doi.org/10.3390/en15010095>

**MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.279032

АНАЛІЗ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ СУШІННЯ ЦЕОЛІТУ НА ВІБРАЦІЙНІЙ КОНВЕЄРНІЙ СУШАРЦІ З ІНФРАЧЕРВОНИМИ ВИПРОМІНЮВАЧАМИ сторінки 6–9**Кушнірук В. М., Новохат О. А.**

Об'єктом дослідження є процес сушіння целіту. Робота присвячена аналізу ефективного методу інтенсифікації процесу сушіння целіту зі збереженням його цілісної структури. Для поставленої задачі необхідно було обрати перспективний спосіб сушіння з мінімізацією теплових втрат та збереженням якісних показників целіту. Цеоліт має широкий спектр використання, що включає в собі: покращення ґрунту, мінеральне добриво для росту рослин, дієтична добавка для корму тварин, очищення повітря та води. Визначальним процесом для отримання якісного природного цеоліту є процес сушіння. Адже в природному стані він містить вологу, від надлишку якої можуть погіршуватись його споживчі властивості, тому розгляд найкращого та найефективнішого способу сушіння целіту є перспективною задачею на сьогодні.

В літературі відсутні дані про сушіння целіту радіаційним методом. Переважно цей матеріал сушать в барабанних сушарках. Але при такому сушінні великий відсоток стертого в пил целіту. Часто саме зерниста структура необхідна для підприємств. При радіаційному сушінні цей недолік відсутній або ж частка стертого в пил целіту мала.

Наведено основні способи сушіння целіту. В ході розгляду способів сушіння целіту було виявлено факт, який показав, що при такому сушінні був вибраний неправильний підхід до процесу сушіння. Проаналізовано фактори, що впливають на погіршення якісних характеристик целіту під час сушіння. Ці фактори несуть за собою ряд недоліків, що впливають на кінцевий продукт, а саме: стирання целіту в порошок, пересушування, що впливає на його якість і є загальною науковою проблемою. Встановлено недоліки сушіння целіту за основними способами.

Наведено розроблену авторами конструкцію сушарки, що мінімізує погіршення наведених якісних характеристик целіту, що вирішує важливу науково-технічну задачу створення ефективного та екологічного способу сушіння целіту із застосуванням енергії інфрачервоного випромінювання та розробку відповідного обладнання. Запропоновано сфери застосування розробленої сушарки.

Ключові слова: сушіння целіту, сушарка, теплові втрати, радіаційне сушіння, інфрачервоне випромінювання, сипкий матеріал.

MATERIALS SCIENCE

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277936

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОГО ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ ЗМОЧУВАННЯ ТЕКСТУРОВАНИХ ВОДОВІДШТОВХУВАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ сторінки 10–13**Миролюк О. В.**

Об'єктом дослідження є алюміній, текстурований фемтосекундним лазером та модифікований силанами для зниження поверхневої енергії. Наявність на поверхні особливої текстури, такої як виступи або волоски, і властива матеріалу низька поверхнева енергія дозволяють максимально збільшити водовідштовхувальні властивості. Визначення критичного поверхневого натягу змочування методом Зісмана має яскраво виражену точку переходу змочування, але точно передбачити координати цієї точки неможливо. У цій роботі метод Зісмана сприймається як інструмент порівняння ефективності модифікаторів для фемтосекундних лазерно-текстурованих поверхонь. У цій роботі шляхом лазерної абляції на поверхні алюмінію були створені періодичні структури, поверхня була модифікована для досягнення стану Кассі при змочуванні водою, методом Зісмана визначено критичний поверхневий натяг змочування. В результаті показано, що метод Зісмана у поєднанні з даними про значення крайового кута змочування водою є ефективним інструментом для характеристики якості модифікації поверхні текстурованих зразків. Показано, що для текстурованих алюмінієвих поверхонь найбільш ефективним модифікатором є силан, що підтримує змочування Кассі, зі збільшенням крайового кута з 155 до 160°. Було показано, що парафін є менш ефективним модифікатором з неясним плато змочування та переходом у діапазоні від 30 до 40 мН/м. Показано, що текстури, які набули гідрофобності в процесі мимовільної гідрофобізації, дуже нестійкі до дії рідин з пониженою полярністю, хоча мають високі значення крайового кута змочування водою. На практиці створення водовідштовхувальних покриттів на алюмінії є перспективною основою у зв'язку з їх широким використанням в авіаційній, автомобільній та енергетичній промисловості завдяки високій механічній міцності, легкості та стабільності властивостей.

Ключові слова: крайовий кут змочування водою, поверхневий натяг, водовідштовхувальні покриття, супергідрофобність, алюміній, фемтосекундний лазер, силани.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278121

ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНУВАННЯ ОРТОТРОПНИХ КОМПЗИТІВ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ЇХ СТРУКТУРНОЇ СТОХАСТИЧНОСТІ сторінки 14–18**Квіт Р. І.**

Об'єктом дослідження є побудова алгоритму оцінки надійності ортотропної композитної пластини з врахуванням стохастичності її структури за умов плоскої деформації. Пластина складається з матриці та елементів армування. Основні ортотропні напрямки матеріалу співпадають з напрямками дії навантаження. Проведені дослідження базуються на критерії руйнування, вираженого через компоненти макронапружень. Використовуємо гіпотезу найслабшої ланки, яка для випадку статистичної теорії міцності звучить так: граничне (руйнівне) навантаження для ортотропної композитної пластини дорівнює граничному навантаженню для її найслабшого елемента. Дефекти-тріщини характеризуються незалежними випадковими величинами – півдовжиною та кутом орієнтації між лінією дефекта та віссю ортотропії з більшим модулем пружності. Запропонованій моделі ортотропного композитного матеріалу

відповідають відомі експериментальні дослідження епоксифенольного склопластику на кордній склотканині. Щільність розподілу ймовірностей орієнтації дефектів враховує їх переважаючу орієнтацію в напрямку армування. На базі отриманої інтегральної функції розподілу руйнівного навантаження композита здійснено побудову та дослідження діаграм залежності ймовірності руйнування пластин для різної кількості тріщин, структурної неоднорідності та типу прикладеного навантаження.

Комплексне застосування детерміністичного розв'язку механіки руйнування композитних матеріалів та методів теорії ймовірностей та математичної статистики дозволяє провести адекватнішу оцінку надійності композитних матеріалів з врахуванням стохастичності їх структури.

Основним змістом даної роботи є побудова та аналіз діаграм залежності ймовірності руйнування стохастично дефектних армованих композитних матеріалів.

Отримані результати дозволяють провести оцінку надійності ортотропних стохастично дефектних матеріалів за умов плоскої деформації.

Алгоритм сумісного поєднання дефектності та випадковості структури ортотропного композитного матеріалу дає змогу якісно дослідити його руйнування за різних видів прикладеного навантаження.

Ключові слова: ортотропний композитний матеріал, надійність, стохастичність структури, руйнівне навантаження, функція розподілу, ймовірність зруйнування, пластина.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278120

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ ПРОТИЖЕЛЕДНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЗИМОВОМУ УТРИМАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ сторінки 19–23

Харченко А. М., Смірнов А. М.

Об'єктом дослідження є процеси управління витратами протижеледних матеріалів при зимовому утриманні автомобільних доріг. Головною гіпотезою дослідження є застосування методів математичного моделювання до оптимізації витрат протижеледних матеріалів. В дослідженні розглянуто фактори, які впливають на застосування як окремого виду, так і в цілому протижеледних матеріалів. Визначено, що суттєвими факторами є температура покриття автомобільної дороги та обрана стратегія зимового утримання з урахуванням рівня обслуговування (LOS). Запропоновано математичку модель оптимізації витрат матеріалів, яка базується на двійковій системі числення. Встановлено додаткові обмеження до моделі: відповідність критеріям надійності, збереження активів, безпеки дорожнього руху, відповідність очікуванням користувачів (соціальний фактор), екологічності, ефективності застосування матеріалів. Побудовано алгоритм застосування методу оптимізації витрат протижеледних матеріалів при зимовому утриманні автомобільних доріг. Визначено, що розроблений метод вирішує основну задачу мінімізації витрат протижеледних матеріалів з урахуванням вимог рівня обслуговування, обраної стратегії, температури покриття автомобільної дороги та критеріїв впливу на зимове утримання. Запропоновано реалізувати розрахунок за даним методом за допомогою вбудованої функції «Підбір параметрів» в ліцензійному середовищі Microsoft Excel (США). Отримані результати за методом оптимізації, що базуються на реальних даних, показали можливість економії матеріалів близько 23 %, що підтверджує ефективність запропонованих рішень.

Результати розрахунків за методом оптимізації витрат матеріалів мають практичну цінність та можуть слугувати для прийняття управлінських рішень щодо обґрунтування операцій з зимового утримання доріг. Запропонований метод може бути використаний як для фази планування витрат, так і у разі аналізу в поствиконавчий період. Це є важливим аспектом в умовах фінансової та ресурсної невизначеності, в тому числі, що пов'язано з обставинами непереборної сили, зокрема, воєнного стану в Україні.

Ключові слова: метод оптимізації, зимове утримання, протижеледні матеріали, норма витрат матеріалів.

ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277346

ВПЛИВ ДИСПЕРСІЙ ВИЩОГО ПОРЯДКУ НА ВЗАЄМОДІЇ СОЛІТОНІВ ВИСОКОГО ПОРЯДКУ сторінки 24–29

Khadidja Khelil, Azzeddine Dekhane, Aissa Benselhoub, Stefano Bellucci

Об'єктом дослідження є усунення взаємодії солітонів вищого порядку шляхом введення дисперсій третього та четвертого порядків всередину оптичного волокна. Результати отримані шляхом моделювання нелінійного рівняння Шредінгера, яке моделює поширення солітонів в оптичному волокні за допомогою методу швидкого перетворення Фур'є.

Взаємодія двох солітонів вищого порядку за рахунок притягання їх електричного поля може призвести до втрати властивостей солітонів. Отже, це може запобігти використанню солітонів у високошвидкісних волоконно-оптичних системах зв'язку, оскільки це збільшує частоту бітових помилок, значно обмежуючи потенціал системи зв'язку. Щоб вирішити цю проблему, необхідно зменшити помилку швидкості потоку, уникаючи взаємодії співпоширених солітонів, коли вони знаходяться занадто близько.

Добре відомо, що під час розповсюдження солітону вищого порядку за наявності дисперсії третього порядку неправильна форма солітону вищого порядку зникає, і після значного розповсюдження відбувається розщеплення до його основних складових. Що стосується четвертого порядку, дисперсія породжує дві бічні смуги дисперсійної хвилі на червоній або синій стороні. Приведені результати показують, що об'єднання двох солітонів вищого порядку за наявності дисперсії четвертого порядку забезпечує серію взаємодій між компонентами, що виникають після їхнього поділу. У розподілі третього порядку, окрім дифузії четвертого порядку, зникає рідкісна форма та суперконтинуум, створений поділом солітонів вищого порядку, і ми отримуємо два фундаментальних солітони, що поширюються паралельно з часовим зсувом і деякими незначними дисперсійними хвилями. Найважливішим аспектом є те, що обидві дисперсії вищого порядку здатні пригнічувати взаємодію солітонів вищого порядку завдяки часовому зсуву, викликаному розподілом третього порядку, і періодичному стисненню, спричиненому розсіюванням четвертого порядку. Ці результати можна отримати на практиці всередині фотонно-кристалічного хвилеводу (PhC-wg), створеного за допомогою дисперсії, що дозволяє маніпулювати дисперсією високого порядку.

Ключові слова: солітони вищих порядків, поділ солітонів, дисперсії, нелінійність, оптичне волокно, суперконтинуум.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278280

РОЗРОБКА МЕТОДУ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЗА УМОВ ОБМЕЖЕНЬ НА СПІВВІДНОШЕННЯ СИГНАЛ/(ЗАВАДИ ПЛЮС ШУМ) сторінки 30–34

Водоп'янов С. В., Мартихова О. П., Крайносвіт А. А.

Об'єктом дослідження є процес аналізу енергетичних та інформаційних характеристик безпроводових мереж критичного застосування. У роботі, що подається, розглянуто проблеми інформаційно-телекомунікаційних систем авіаційного транспорту як систем жорсткого реального часу. Завдяки розробці методів аналізу пропускної спроможності неоднорідних мереж, які функціонують за умов зовнішніх завад, обумовлених, в тому числі, і випадковим характером множинного доступу, отримані асимптотичні характеристики мереж та їх залежності від числа мережних та термінальних вузлів, розміру мережі в цілому. Специфікою безпроводових мереж є розповсюдження сигналів через вільне середовище, тобто принципово відкритий доступ до сигналів як до носіїв інформації, яка передається від одного абонента іншому. За результатами аналізу перспективних інформаційно-комунікаційних та комп'ютерних мереж критичного застосування виявлено, що основним проблемами для мереж є їх уразливість до зовнішніх завад різного походження, що погіршує показники QoS, зокрема, продуктивність. Тому, окрім загальних проблем управління інформаційно-телекомунікаційними мережами, у безпроводових мережах досить гостро стоять проблеми захисту від несанкціонованих втручань та зовнішніх завад самого різного походження. Для постійного контролю мережних характеристик на належному рівні розроблено методику розрахунку поточного співвідношення сигнал/(завади плюс шуми). За результатами аналізу енергетичних та інформаційних характеристик мережі встановлено їх взаємозв'язок, не завжди очевидний, але вельми показовий та корисний, наприклад, для розв'язання завдань багатокритеріальної оптимізації параметрів та управління станом мережі.

Ключові слова: авіаційний транспорт, безпроводова інформаційно-телекомунікаційна система, енергетичні характеристики мережі, продуктивність мережі.

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.280103

ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СПОРУДЖЕННЯ ТА ПІДТРИМАННЯ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК НОВИХ ВУГІЛЬНИХ БЛОКІВ ПРАТ «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ПОКРОВСЬКЕ» сторінки 35–42

Левіт В. В., Каменець В. В., Чеботенко Д. О.

Об'єктом дослідження є апробовані застосовувані та перспективні інноваційні технології спорудження та підтримання капітальних виробок у складних гірничо-геологічних умовах Приватного акціонерного товариства (ПРАТ) «Шахтоуправління «Покровське» групи Метінвест-Покровськвугілля (Україна).

Проблема, на вирішення якої спрямовані дослідження, це забезпечення ефективного застосування інноваційних та модернізованих відомих технологій спорудження та підтримання капітальних виробок нових вугільних блоків. А саме – виробок та камер приствольних дворів, протяжних горизонтальних та похилих магістральних виробок для покращення їх експлуатаційного стану та техніко-економічних показників гірничо-будівельних та видобувних робіт.

На основі накопиченого виробничого досвіду, результатів обстеження стану споруджуваних та експлуатованих виробок, аналізу документації та науково-технічних розробок світових наукових установ сформульовано рекомендації щодо реалізації інвестиційних проєктів в частині оптимізації технологій гірничо-будівельних та видобувних робіт. Рекомендації передбачають впровадження адаптованих до умов шахтоуправління систем комбінованого кріплення, прохідницького обладнання нового технічного рівня світового виробництва, способів підтримання з розташуванням виробок у зонах, розвантажених від гірського тиску, сучасних засобів моніторингу геомеханічної ситуації. Очікуваний ефект від скорочення витрат на підтримання виробок може скласти 20–25 %.

Результати є підсумком співробітництва з інженерно-технічними працівниками шахтоуправління ПРАТ «Шахтоуправління «Покровське» та Товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Метінвест Холдинг».

Використання результатів на практиці можливе і у поточний момент, а більш широко – після перемоги та розгортання робіт з відбудови економіки, зокрема і видобувної галузі України.

Ключові слова: вугільний блок, інвестиційний проєкт, капітальні виробки, спорудження виробок, технології підтримання, інновації у гірництві.