



International scientific conference

**MININGMETALTECH 2024 – THE MINING  
AND METALS SECTOR: INTEGRATION  
OF BUSINESS, TECHNOLOGY  
AND EDUCATION**

November 28–29, 2024

Volume 2



IZDEVNIECĪBA  
**BALTIJA**  
PUBLISHING

**2024**

International scientific conference “MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 28–29, 2024, Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2024. Vol. 2. 368 pages.

#### **Program Committee**

*Chairman of the program committee of the conference* – **Yuriy RYZHENKOV**, General Director, METINVEST HOLDING LLC

*Vice-chairman of the program committee of the conference* – **Oleksandr POVAZHNY**, DSc (Economics), Professor, Rector, “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC” LLC

*Secretary of the program committee of the conference* – **Maksym KARAKAI**, PhD (Public Administration), Scientific Secretary, “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC” LLC

**Oleksandr MYRONENKO** – Operations Director, METINVEST HOLDING LLC

**Tetyana PETRUK** – Director of sustainable development and interaction with personnel, METINVEST HOLDING LLC

**Olga OVCHYNNIKOVA** – Director of economics and development of business systems, METINVEST HOLDING LLC

**Yuliya DANKOVA** – Financial director, METINVEST HOLDING LLC

**Svitlana ROMANOVA** – Director of legal support, METINVEST HOLDING LLC

**Andriy YEMCHENKO** – PhD (Engineering), Director of technical development, METINVEST HOLDING LLC

**Dmytro TEVELEV** – Adviser to the general director, METINVEST HOLDING LLC

**Oleksandr PODKORYTOV** – Director of technology and quality, METINVEST HOLDING LLC

**Pavlo UZBEK** – Director of the LP, IS, HC and EP department, METINVEST HOLDING LLC

**Vitaly KOVALENKO** – Director of the Department of Sustainable Development and Environmental Management, METINVEST HOLDING LLC

**Marya VASILYEVA** – General director, “Metinvest Sichstal” LLC

**Gregory MASON** – member of the Supervisory Board

**Andrii KOSTRYZHEV** – Project Manager – Material Characterization Scientist, The University of Queensland

#### **Conference organizing committee**

The head of the organizing committee of the conference – **Volodymyr KUKHAR**, DSc (Engineering), Professor, Vice-rector for research work, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Deputy head of the conference organizing committee – **Nataliya REKOVA**, DSc (Economics), Professor, First vice-rector – vice-rector for educational work, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Secretary of the organizing committee of the conference – **Khrystyna MALII**, PhD (Engineering), Head of the research department, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Volodymyr PASHYNSKY** – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Materials Science and Applied Mechanics, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Vyacheslav KAMENETS** – PhD (Engineering), Associate Professor at the Department of Mining, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Pavlo SAHAIDA** – DSc (Engineering), Associate Professor, Professor at the Department of Digital Technologies and Project-Analytical Solutions, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Oleksiy KOYFMAN** – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Automation, Electrical and Robotic Systems, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Oleg KRUZHYLKO** – DSc (Engineering), Professor, Professor at the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Dmytro PIKARENYA** – DSc (Geology), Professor, Professor at the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Nataliia HRUDKINA** – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Natural Sciences and General Engineering, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Dmytro ZHERLITSYN** – DSc (Economics), Professor, Professor at the Department of Digital Technologies and Project-Analytical Solutions, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Each author is responsible for content and formation of his/her materials.

The reference is mandatory in case of republishing or citation.

## CONTENTS

### INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS, ROBOTICS, MECHATRONICS AND ELECTRIC POWER COMPLEXES

Improvement of the steelmaking control system PC “Mayster” on the PJSC “Zaporizhstal” <b>Adamovych N.V., Kharchenko O.V.</b> .....	14
Digital substation in Ukraine in 2024 <b>Bondar O.V., Korol V.M., Koyfman O.O.</b> .....	16
Ways of increasing the efficiency of the benzene scrubber at the account of modernizing the management system in the conditions of coke chemical production <b>Buryk V.Ye., Holotiuk M.V.</b> .....	19
Development of algorithmic software for detecting interference in the operation of methane concentration sensors <b>Vovna O.V., Kaydash H.S.</b> .....	22
Reputation control as a strategic resource for industrial enterprises: current challenges and perspectives <b>Davydenko O.V., Koyfman O.O.</b> .....	25
Simulation of the automation module of the automation mechanism of autoflying valves of the martenivsky furnace <b>Druz Ye.A., Holotiuk M.V., Bundza O.Z.</b> .....	31
Improving the dynamic accuracy and speed of a task-based transient process using a two-pass input <b>Isaiev A.B.</b> .....	34
Smart grid as a direction to improve the stability of the electric power systems in Ukraine <b>Kinshakov V.Yu., Rukhlov A.V.</b> .....	37
Modernization of the weighing system for determining the mass of lime, sludge and coal <b>Lyvada V.V., Koyfman O.O.</b> .....	40
The system of automatic control of the hydraulic press of the shop of magnesium products <b>Lykhoman K.V., Koyfman O.O.</b> .....	43

---

The relevance of implementing an intelligent decision support system for enterprise resource optimization <b>Miroshnychenko S.O., Koifman O.O., Miroshnychenko V.I.</b> .....	<b>45</b>
Improvement of the existing functionality for forecasting finished goods inventory at the enterprise warehouses based on the stock forecasted report ERP ODOO <b>Miroshnychenko S.O.</b> .....	<b>48</b>
Walking robots. Problems and directions of development <b>Nalobina O.O., Shymko A.V., Bundza O.Z.</b> .....	<b>51</b>
Modernization of the process of lumping raw rolls in the technological line of the LURGI-552 firing machine in order to improve their quality <b>Nikitin A.A., Bundza O.Z., Holotiuk M.V.</b> .....	<b>55</b>
The problem of resonance phenomena on 35 KV buses of a ferro-alloy production in the presence of distributed generation from solar power plants <b>Papaika Yu.A., Lukianenko O.S.</b> .....	<b>58</b>
Modernization of the automatic control system of the methodical 6-zone furnace with stepping beams <b>Pokotylova O.V., Simkin O.I., Tsibik M.S.</b> .....	<b>61</b>
Determination of the control process parameters of the frequency regulated electric drive of the bridge crane <b>Razhyyvin O.V., Astafurov A.Yu.</b> .....	<b>63</b>
Analysis of the degree of informativeness of the database description of the state of automation objects <b>Razhyyvin O.V., Ryabchenko A.A., Pokotylova O.V.</b> .....	<b>69</b>
Modeling of the system of starting and protecting electric engines of landing guns in the conditions of an operating pulp-pumping station <b>Semeniuk M.S., Holotiuk M.V., Nalobina O.O.</b> .....	<b>74</b>
Key Issues in Supporting Automated Control Systems of Technological Processes <b>Simkin O.I., Leonov A.A.</b> .....	<b>77</b>
Automated Control System for the Crushing Circuit of a Crushing Plant <b>Simkin O.I., Uzlov Y.V.</b> .....	<b>79</b>
Charging stations for electric vehicles: infrastructure, technologies, prospects <b>Snihovyi D.V., Rukhlova N.Yu.</b> .....	<b>82</b>

Modernization of the control system of coagulation and pellet firing by measuring the moisture content of raw pellets before the firing process <b>Stebelko I.Ye., Koifman O.O.</b> .....	<b>86</b>
Research of the control system of the electric drive of the lift mechanism of the bridge crane beam <b>Subotin O.V., Minayenko O.G.</b> .....	<b>88</b>
Features of wireless control of industrial equipment on the background of manufacturing plants <b>Subotin O.V., Petrukhin Ya.I., Sergienko V.Yu.</b> .....	<b>92</b>
Reduction of downtime of heating machines due to failure of heating carriage wheels <b>Sukhorukov S.M., Bundza O.Z., Holotiuk M.V.</b> .....	<b>95</b>
Application of industrial robots in metallurgy <b>Tinina M.R., Suprun Ya.V.</b> .....	<b>97</b>
Study of the efficiency of the metal trading organization <b>Tkachenko O.Yu., Holotiuk M.V., Nalobina O.O.</b> .....	<b>99</b>
Feed drive model of the roller bit drill <b>Khilov V.S.</b> .....	<b>102</b>
Modernization of the control systems of the bridge crane of the marteniv workshop <b>Tsymbal B.M., Arkhipov I.I.</b> .....	<b>104</b>
Improvement of the design of on-load tap-changer for power transformers <b>Tsymbal B.M., Voronenko T.V.</b> .....	<b>108</b>
Modernisation of the rolling element of the high-voltage cell kru-2-10 <b>Tsymbal B.M., Moiseiev V.I.</b> .....	<b>111</b>
Modernization of the start-up control system of electric motors of high-pressure pumps of the marteniv workshop <b>Tsymbal B.M., Sychov V.V.</b> .....	<b>115</b>
Automation of the accounting and control of the geometric parameters of the spicity cart of the burning machine LURGI 552 <b>Chervyakov A.M., Bundza O.Z., Holotiuk M.V.</b> .....	<b>119</b>

Monitoring of the casting process and correction of rhomboid defects in continuously cast billets <b>Shyrokykh D.I., Miroshnychenko V.I.</b> .....	122
Concept of the iron ore concentrate dewatering control process <b>Yarovyi K.V.</b> .....	124
Automatic control of electric transport in underground mining of minerals according to the criterion of minimum specific energy consumption <b>Yatsiuk D.S.</b> .....	126
<b>INNOVATIONS IN CIVIL AND OCCUPATIONAL SAFETY</b>	
Technogenic threats and resilience of the steel industry <b>Volodchenkova N.V., Kruzylko O.Ye., Rekova N.Yu.</b> .....	129
Creating a safe environment in dead-end workings <b>Volodchenkova N.V., Cheberiachko Yu.I., Bedniuk O.V.</b> .....	131
Integrated solutions to improve the environmental safety of the railway division of the mining and processing plant <b>Grishchenko K.Yu.</b> .....	134
Prospects and obstacles to the implementation of human centric lighting in Ukraine <b>Demchuk H.V., Kashtanov S.F.</b> .....	137
Foundry production of Ukraine on the way to victory and the post-war development of Ukraine's economy <b>Demchuk H.V., Liutyi R.V.</b> .....	140
Theoretical principles of forecasting occupational health and safety indicators <b>Kruzylko O.Ye., Volodchenkova N.V., Zabolotnii O.M.</b> .....	145
Peculiarities of attestation of workplaces of a mining enterprise <b>Maistrenko V.V., Repin M.V.</b> .....	147
Features of implementing NPAOP to the standards of an engineering company <b>Merkulov S.V.</b> .....	150
International experience of the organization for the protection of the population from emergency situations on the example of Japan <b>Miniallo D.O.</b> .....	153

Features of the practical application of the OSHA visual inspection training game play tool for identification of hazards <b>Repin M.V., Cheberiachko Yu.I., Alekseeva M.M.</b> .....	157
Analysis of harmful and dangerous factors associated with technological processes at the mining and beneficiation plant <b>Saveikin V.S.</b> .....	159
Research of the consequences and indicators of the impact of noise on human beings from the use of attack means by the russian troops <b>Svirzhevskiy P.V., Tsybmal B.M.</b> .....	162
Interactive online risk assessment platforms for improving employee health and safety <b>Tkalych I.M.</b> .....	165
Improving the safety level of the railway departmental security force <b>Tsybmal B.M., Marchenko A.V.</b> .....	170
Development and implementation of a crane operator's workspace audit system <b>Cheberyachko S.I., Cheberiachko Yu.I., Vasylchenko M.O.</b> .....	173
Features of using the dialux program when designing lighting in the office <b>Cheberyachko S.I., Cheberiachko Yu.I., Niuskov A.V.</b> .....	175
Analysis of working injuries statistics at metallurgical enterprises for 2019-2023 <b>Cheberyachko S.I., Cheberiachko Yu.I., Osipenko N.G.</b> .....	177
Analysis of labor protection requirements for a conveyor operator <b>Cheberyachko S.I., Cheberiachko Yu.I., Tregub I.A.</b> .....	180

## **MODERN ECO-FRIENDLY PRACTICES AND PROSPECTS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION**

Assessment of the environmental hazard of Prydniprovsk TPP coal combustion waste <b>Berezniak O.O., Borysovska O.O., Berezniak O.O.</b> .....	183
Development of innovative technological measures to minimize the impact of hydrotechnical structures of a mining and processing plant on natural water resources (case study: PJSC “Inguletsky mining and processing plant”) <b>Volkova A.O.</b> .....	187

---

The prospects of using the constructed wetland for decontamination of the aquatic ecosystems from radiation pollution <b>Yesipova N.B.</b> .....	190
Overview of some of the results of the educational technical and environmental practice at a steelmaking enterprise <b>Zhelezniak Ye.M., Repin M.V., Maksymova N.M.</b> .....	193
Analysis of the system of standards and standards for environmental protection <b>Zhelezniak Ye.M., Cheberichko Yu.I., Maksymova N.M.</b> .....	195
Evaluation of the environmental efficiency of the improvement of the coke gas purification system from hydrogen sulfide at coke chemical production <b>Kopiika I.V.</b> .....	199
Development and implementation of an effective automated monitoring system within the sanitary protection zone in accordance with European standards <b>Lobko M.R.</b> .....	200
Aridization of the lands of Ukraine <b>Minialo D.O.</b> .....	202
Overview of the factors of the influence of military actions on the environment <b>Navolniev I.Yu., Maksymova N.M.</b> .....	206
Impact of mining operations on the development of man-made fractures in crystalline rocks <b>Pikarenia D.S., Orlińska O.V.</b> .....	211
Ecological and economic feasibility study of the implementation of the ACS in transport for reduction of emissions into the atmosphere <b>Pinchuk O.M., Maksymova N.M.</b> .....	215
Normative and methodological aspects of metrological support for environmental monitoring of industrial emissions <b>Podobnyi A.D., Cheberichko Yu.I., Maksymova N.M.</b> .....	218
On the importance of cultivating environmental awareness among vocational education students <b>Romashyna V.V., Davydov S.M.</b> .....	220
Ways to reduce dust emissions at a concrete production plant <b>Stepanenko O.M.</b> .....	223

Review of methods to reduce dust emission from tailing dam surfaces <b>Tishina V.M.</b> .....	<b>226</b>
Development of hydrogen energy in Japan <b>Fomin A.V.</b> .....	<b>228</b>
Eco-innovations and compliance of metallurgical production – modern paradigms of innovative activity management <b>Fonarova T.A., Bushuiev M.B., Petrenko V.O.</b> .....	<b>233</b>
Formation of sustainable development of land use in agricultural enterprises as a condition for the revitalization of the Dnipro basin and reservoirs <b>Shara S.Yu.</b> .....	<b>236</b>
<b>USING ICT IN ENGINEERING, BUSINESS AND EDUCATION</b>	
Creation and study of models using Python <b>Velychko V.Ye., Fedorenko O.H.</b> .....	<b>239</b>
Implementation of the “Flipped Classroom” technology in teaching mathematical disciplines <b>Hlazova V.V., Kaidan N.V., Krasnoshchokova N.M.</b> .....	<b>241</b>
On the issue of applied orientation of teaching disciplines with a mathematical component at “ <i>Technical university “Metinvest polytechnic”</i> ” <b>Hrudkina N.S., Kaidan N.V., Starov D.S., Chekhuta O.V.</b> .....	<b>245</b>
Formation of research competence of applicants in the process of teaching probability theory and mathematical statistics <b>Hrudkina N.S.</b> .....	<b>248</b>
Supporting the research activities of educators through visual display of the features of the Van der Poel equation <b>Dmytryshyn I.S.</b> .....	<b>252</b>
Application of machine learning for clustering of company clients <b>Ivanchenko N.O., Podskrebko O.S.</b> .....	<b>255</b>
Virtual simulators as an element of information technology application in teaching physics <b>Kaidan V.P., Pokhytun O.O.</b> .....	<b>259</b>
Data modeling in mathematical disciplines using Microsoft Excel <b>Kaidan N.V., Pofalit A.V.</b> .....	<b>263</b>

Thermal engineering calculations and results visualization using Matlab and Python <b>Miroshnychenko S.O.</b> .....	<b>266</b>
Implementation of minecraft education edition as an element of gamification in teaching mathematical disciplines <b>Fedorenko O.H., Kaidan N.V., Andrusyk A.A.</b> .....	<b>270</b>
A project of organizing a system for determining the environmental situation in the area of nuclear power plants <b>Fil B.M., Kaidan Ye.V.</b> .....	<b>273</b>
Using Google applications in teaching disciplines of the professional training cycle <b>Shchensnevych O.V., Shchensnevych Yu.Yu.</b> .....	<b>277</b>
Using artificial intelligence on the example of ChatGPT in the educational process <b>Shchensnevych Yu.Yu., Shchensnevych O.V., Kaydan Ye.V.</b> .....	<b>280</b>
Using the interactive table of chemical elements when learning chemistry <b>Yusina G.L.</b> .....	<b>283</b>
 <b>MODERN TOOLS IN BUSINESS PERFORMANCE MANAGEMENT</b>	
Methods of increasing the effectiveness of teamwork <b>Andreieva K.S., Smyrnova I.I.</b> .....	<b>286</b>
Improving the system of search, optimization and technical decision-making – value engineering for the creation of an optimal budget and schedule for the implementation of large-scale industrial projects <b>Bespalov K.I., Gonchar V.V.</b> .....	<b>289</b>
A mixed strategy for planning the maintenance of mining dump trucks adapted to their individual technical condition and operating conditions <b>Hashytskyi S.A.</b> .....	<b>292</b>
Research of the business process of supply organisation and identification of shortcomings in supply chain management <b>Dzhuman L.O.</b> .....	<b>296</b>
Modern tools for predictive business analytics <b>Zherlitsyn D.M.</b> .....	<b>300</b>

Analysis and visualization of exchange rate dynamics using Power BI to improve decision-making efficiency <b>Kostenko I.S., Andreieva K.S.</b> .....	<b>303</b>
Obstacles to the implementation of ESG – sustainable development programs and projects in Ukraine and the world <b>Latysheva O.V.</b> .....	<b>306</b>
Smart mentoring: integration of artificial intelligence in mentoring activities to enhance human resource management effectiveness <b>Lomonosov O.S., Smyrnova I.I.</b> .....	<b>310</b>
Analysis of Problematic Aspects of Product Stock Management in Warehouses <b>Ponomarov D.A., Shevchenko N.Yu.</b> .....	<b>313</b>
Shortcomings and reasons for failures in the work of project managers and executors <b>Rovenska V.V.</b> .....	<b>317</b>
Well-being in HRM as a key to ensuring increase in operational efficiency <b>Smyrnova I.I.</b> .....	<b>321</b>
The role of the steel industry in ensuring sustainable development of Ukraine <b>Trusova A.O.</b> .....	<b>324</b>
Opportunities to enhance operational efficiency of Ukrainian mining and metallurgical enterprises through the implementation of investment projects (case study: PJSC “Inguletsky mining and processing plant”) <b>Fanyo D.M., Latysheva O.V.</b> .....	<b>329</b>
Cost management in implementing new production processes for the launch of new products (case study Metinvest-Promservice, LLC) <b>Kharchenko O.S., Isachenko D.Yu.</b> .....	<b>334</b>
Marketing and corporate social responsibility: analysis of interconnections and impact <b>Kharchenko O.S., Stebunov O.O.</b> .....	<b>337</b>
Hyperpersonalization marketing strategy in the age of artificial intelligence <b>Kharchenko O.S.</b> .....	<b>340</b>
Improving of finished steel exporter’s operational efficiency based on analysis and forecasting of EU market demand <b>Tsybmal A.V.</b> .....	<b>344</b>

Influence of ecological backpack components on iron ore production cost <b>Cherevatskyi D.Yu., Bash V.O., Bojko O.V.</b> .....	<b>348</b>
The Dynamics of Prosumerism in the European Electricity Sector <b>Cherevatskyi D.Yu., Cheyliakh D.D., Kolibaba M.V.</b> .....	<b>352</b>
Use of ERP systems to optimize the planning of production programs and increase operational efficiency <b>Chernyshev S.P., Shevchenko N.Yu.</b> .....	<b>355</b>
Application of market trend and dynamics analysis methods to enhance enterprise operational efficiency <b>Churilova H.A.</b> .....	<b>359</b>
Transformation of approaches to organizational design under the influence of the fourth industrial revolution <b>Shkrabak I.V.</b> .....	<b>361</b>

**INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS, ROBOTICS,  
MECHATRONICS  
AND ELECTRIC POWER COMPLEXES**

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-122>

**IMPROVEMENT OF THE STEELMAKING CONTROL SYSTEM  
PC “MAYSTER” ON THE PJSC “ZAPORIZHSTAL”**

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ  
СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПК «МАЙСТЕР»  
НА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

**Adamovych N.V.,**

*Master's student, 2nd year Engineering  
Institute of Zaporizhzhia  
National University,  
Zaporozhye, Ukraine*

**Адамович Н.В.,**

*магістрант 2 курсу, Інженерний  
навчально-науковий інститут  
імені Ю.М. Потебні Запорізького  
національного університету,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Kharchenko O.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, Engineering  
Institute of Zaporizhzhia  
National University,  
Zaporozhye, Ukraine*

**Харченко О.В.,**

*к.т.н., доцент, Інженерний  
навчально-науковий інститут  
імені Ю.М. Потебні Запорізького  
національного університету,  
м. Запоріжжя, Україна*

Мета дослідження – удосконалити інтегровану автоматизовану систему управління і контролю сталеплавильного виробництва ПК «Майстер», яка нормує, оптимізує, планує, контролює технологічні процеси та документує нормативну інформацію про виробничі процеси і цикли від початку формування замовлення до випуску готової продукції на ПАТ «Запоріжсталь». Розширити її функціональні можливості з урахуванням оперативних даних про витрату кисню і природного газу на печах і даних про поточний стан кисневих фурм. Забезпечити при цьому прогноз температури і хімічного складу сталеплавильної ванни у всіх періодах плавки сталі, в тому числі в рідкому періоді. Провести моніторинг ПК «Майстер».

Удосконалення інтегрованої системи управління і контролю сталеплавильного виробництва ПК «Майстер» в умовах існуючого сталеплавильного виробництва проводиться з метою підвищення якості

продукції та рівня продуктивності праці, економії дорогих матеріалів виробництва, та зменшення кількості браку при виробництві сталі.

Методи дослідження – нелінійний симплекс метод; термодинамічний аналіз системи «метал-шлак-газ».

ПК «Майстер» виконує в реальному масштабі часу наступні дії:

– розрахунок температури, складу і кількості металу, шлаку і газу, що утворюються в процесі прогріву і плавлення шихти, доведення та розкислювання-легування сталі, шляхом термодинамічного аналізу системи «метал-шлак-газ»;

– розрахунок оптимальної кількості феросплавів, коксика, вторинного алюмінію і окислини засобами нелінійного програмування.

Для удосконалення ефективної роботи ПК «Майстер» в межах мартенівського цеху потрібно вирішувати наступні питання:

– аналіз поточної якісної та кількісної інформації про роботу датчиків тиску та витрати кисню, природного газу, аргону тощо;

– удосконалення термодинамічної моделі роботи мартенівської печі і ДСПА і відповідного алгоритму для ПК «Майстер»;

– удосконалення і реалізація блоку прогнозування стану сталеплавильної ванни за даними, отриманими з датчиків реального часу;

– удосконалення і реалізація блоку видачі рекомендацій майстру блоку печей по оптимальному завершенню процесу доведення сталі в мартенівській печі і ДСПА;

– удосконалення і реалізація алгоритму адаптації параметрів математичної моделі для ПК «Майстер»;

– удосконалення головної та другорядних форм програми.

В результаті виконання роботи розроблено термодинамічну модель рідкої сталеплавильної ванни, що включає металеву, шлакову і газову фази. Модель дозволяє прогнозувати основні параметри плавки до початку фактичних замірів температури і експрес-аналізів металу, а далі коригувати прогнозні траєкторії за даними фактичних замірів. У модель введені показання витратомірів природного газу і кисню, позиційних датчиків положення фурм, що дозволило підвищити точність прогнозування.

На основі результатів виконаних досліджень вдосконалено алгоритм рішення задачі оптимізації розкислення-легування сталі на випуску з печі; розширено список доступних матеріалів для легування і шихтовку плавки; вдосконалено модуль контролю параметрів плавки в реальному масштабі часу з оперативним прогнозом за температурою рідкого металу і вмістом в ньому вуглецю, починаючи від прогріву і закінчуючи випуском з печі.

Проведено моніторинг ПК «Майстер» за 44 плавками. Результати роботи впроваджені в технологію виробництва сталі в мартенівському цеху ПАТ «Запоріжсталь».

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-123>

## DIGITAL SUBSTATION IN UKRAINE IN 2024

### ЦИФРОВА ПІДСТАНЦІЯ В УМОВАХ УКРАЇНИ У 2024 РОЦІ

**Bondar O.V.,**

*Automation and Instrumentation  
Group Leader, LLC Metinvest Sichstal,  
Dnipro, Ukraine*

**Бондар О.В.,**

*начальник відділу автоматизації  
Управління проектуванням,  
ТОВ «Метінвест січсталь»,  
м. Дніпро, Україна*

**Korol V.M.,**

*Engineering and design director,  
LLC Metinvest Sichstal,  
Dnipro Ukraine*

**Король В.М.,**

*директор по інжинірингу  
та проектуванню,  
ТОВ «Метінвест Січсталь»,  
м. Дніпро, Україна*

**Koysman O.O.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Койфман О.О.**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Цифрові підстанції є важливим елементом сучасної енергетичної інфраструктури, які забезпечують новий рівень автоматизації, керованості та надійності електричних мереж. Впровадження диджитальних технологій дозволяє здійснювати управління підстанціями в реальному часі, оптимізуючи роботу всієї системи електропостачання. Зокрема, завдяки використанню сучасних цифрових вимірювальних трансформаторів та протоколів передачі даних, зростає швидкість реакції на зміни в мережі, що дозволяє оперативно виявляти аварії та здійснювати коригування в режимі реального часу. Цифрові підстанції зменшують необхідність в значній кількості кабельних з'єднань, спрощують монтаж та налагодження, а також дозволяють дистанційно контролювати та діагностувати стан обладнання. Використання уніфікованої платформи для обміну даними спрощує інтеграцію з системами керування енергетичними мережами.

З іншого боку, впровадження цифрових підстанцій в Україні у 2024 році пов'язане з низкою технологічних викликів, основними з яких є:

- цифрова підстанція базується на стандартах IEC 61850, які потребують інтеграції інтелектуальних електронних пристроїв (ІЕП) різних виробників;
- заміна традиційних мідних кабелів на оптичні волокна та впровадження електронних трансформаторів вимагають технічної підтримки та навчання персоналу для роботи з новими технологіями;

– обладнання, яке працює в умовах підвищених електромагнітних завод та перепадів температур, повинно відповідати стандартам стійкості до зовнішніх впливів (IEC 61850-3, IEEE 1613);

– багато українських електромереж потребують заміни або суттєвої модернізації, оскільки вони базуються на застарілих технологіях, вартість модернізації є високою через потребу в нових комунікаційних системах та інфраструктурі;

– цифрові підстанції потребують високоякісних оптичних мереж для передачі даних, які повинні відповідати вимогам щодо надійності та швидкості;

– в Україні бракує фахівців, які мають необхідні знання і досвід для роботи з цифровими технологіями, що ускладнює процес обслуговування та налаштування цифрових підстанцій;

– збільшення кількості підключених до інтернету пристроїв і систем створює ризики кіберзагроз, тому необхідні розвинені системи захисту даних і комунікацій, котрі повинні відповідати міжнародним стандартам з інформаційної безпеки, щоб запобігати несанкціонованому доступу та втраті даних.

Незважаючи на виклики, впровадження цифрових підстанцій в Україні є необхідною умовою для інтеграції майбутніх технологій, таких як розумні мережі (smart grids) та розподілена генерація. Це дозволить Україні легше адаптуватися до змін у глобальній енергетичній галузі та підвищити конкурентоспроможність своєї енергетичної інфраструктури.

Для побудови цифрових підстанцій було обрано стандарт IEC 61850 через його численні переваги, які забезпечують високу ефективність, гнучкість та надійність роботи підстанцій, що забезпечує відкриту архітектуру для інтеграції обладнання різних виробників. Це дозволяє об'єднувати різномірні системи, такі як пристрої релейного захисту та автоматики (PZA), інтелектуальні електронні пристрої (IED) і SCADA-системи, що суттєво спрощує інженерні роботи та подальше управління підстанцією.

Завдяки підтримці протоколів, таких як GOOSE і MMS, IEC 61850 дозволяє легко змінювати конфігурації підстанції та додавати нові пристрої без значних модифікацій системи, що спрощує модернізацію та розширення підстанції, підвищуючи її адаптивність до змін потреб енергетичної системи.

Одна з основних переваг IEC 61850 – це значне скорочення кількості мідних кабелів завдяки використанню оптоволоконних з'єднань і цифрових інтерфейсів, що полегшує монтаж і зменшує витрати на технічне обслуговування, одночасно підвищуючи стійкість до електромагнітних перешкод.

Обладнання, яке працює за стандартом IEC 61850, підтримує функції самодіагностики, що дозволяє швидко виявляти несправності та

запобігати аваріям, що підвищує безпеку та зменшує час простоїв, що є критично важливим для стабільного функціонування підстанцій.

Стандарт IEC 61850 підтримує роботу з автоматизованими системами керування технологічними процесами (АСУ ТП), що дозволяє централізовано керувати всіма компонентами підстанції в реальному часі, здійснювати моніторинг та контроль за всіма процесами.

Таким чином, стандарт IEC 61850 є оптимальним для створення сучасних цифрових підстанцій, оскільки він поєднує сумісність, гнучкість, швидкість та надійність, що робить його ключовим елементом у побудові ефективної та стійкої енергетичної інфраструктури.

Для побудови цифрових підстанцій використовуються рішення, що базуються на стандарті IEC 61850, від провідних світових вендорів, які спеціалізуються на виробництві обладнання та програмного забезпечення для енергетичної інфраструктури.

ABB пропонує технології, для інтеграції інтелектуальних електронних пристроїв і систем автоматизації, з використанням серії продуктів Relion для релейного захисту та автоматики, а також рішення для інтеграції цифрових трансформаторів. Schneider Electric пропонує платформу EcoStruxure, яка включає рішення для автоматизації підстанцій та забезпечує високий рівень інтеграції рішень для моніторингу, діагностики та управління підстанціями. Easergy T300 є одним з рішень компанії SE для автоматизації розподільчих електромереж. Siemens також є провідним постачальником обладнання для цифрових підстанцій, зокрема для автоматизації енергетичних систем та SCADA.

Розвиток цифрових підстанцій в Україні залежить від підтримки держави та залучення іноземних інвестицій. Деякі міжнародні організації та фінансові інституції, такі як Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР), підтримують проекти модернізації енергетичної інфраструктури в Україні, включаючи цифрові підстанції. Це допоможе зменшити залежність від традиційних джерел енергії і покращити енергетичну ефективність країни.

У найближчі роки очікується, що впровадження цифрових підстанцій в Україні буде прискорюватися завдяки державним стратегіям, які орієнтуються на підвищення надійності енергетичної системи та інтеграцію з європейськими енергоринками. Збільшення частки відновлюваних джерел енергії також підвищує попит на автоматизовані рішення, що робить цифрові підстанції ключовим елементом розвитку енергетичної інфраструктури.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-124>

**WAYS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THE BENZENE SCRUBBER AT THE ACCOUNT OF MODERNIZING THE MANAGEMENT SYSTEM IN THE CONDITIONS OF COKE CHEMICAL PRODUCTION**

**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БЕНЗОЛЬНОГО СКРУБЕРУ ЗА РАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ В УМОВАХ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Buryk V.Ye.,**

*student (group 133-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Бурик В.Є.,**

*студент гр. 133-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Holotiuk M.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Голотюк М.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

ПРАТ «КАМЕТ СТАЛЬ» – металургійне підприємство повного циклу: від збагачення вугілля, коксування, до випуску готового металопрокату різних конфігурацій. Коксування передбачає наявність цеху уловлення хімічних продуктів: аміаку, нафталіну, смоли, бензольних вуглеводнів, фенолів з отриманням готових продуктів: смоли кам'яновугільної, амонію сульфату, бензолу сирого, феноляту натрію, і подальшої подачі газу коксового споживачам.

Цех уловлювання хімічних продуктів коксування (ЦУХПК) ПРАТ "КАМЕТ СТАЛЬ" призначений для відсмоктування газу коксового з газозбірників коксових батарей №1-біс і №5, забезпечення його охолодження, виділення і уловлювання з нього хімічних компонентів.

До складу ЦУХПК входять: машинний зал; сульфатне відділення; відділення конденсації; відділення стічних вод; бензольно-скрубєрне відділення; відділення оборотного водопостачання.

Обладнання, що розглядається – бензольний скрубєр, знаходиться у бензольно-скрубєрному відділенні. Діючий бензольний скрубєр представляє з себе колонний апарат циліндричної форми діаметром 2,85 м, висотою 26,5 м. Вбирне кам'яновугільне масло для уловлення бензольних вуглеводнів подається зверху. Коксовий газ подається знизу. Для інтенсифікації процесу масообміну в середині скрубєру встановлені у декілька шарів різного типу насадки. Призначення бензольного

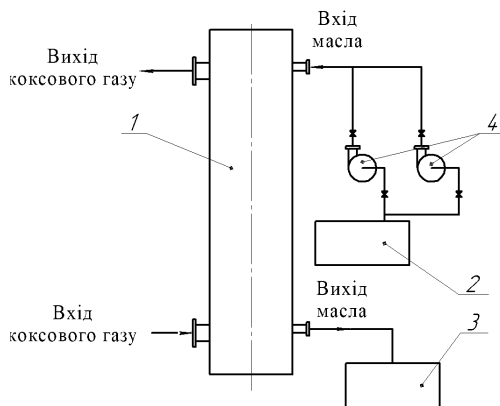
скрубелу уловлення бензолу з коксового газу. Коксовий газ на вході в скрубел має концентрацію бензольних вуглеводнів  $35-45 \text{ г/м}^3$ . На виході зі скрубелера  $1-3 \text{ г/м}^3$ . Температура коксового газу на вході в скрубел складає  $25-35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура коксового газу на виході  $30-40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура вбирного масла на вході в скрубел на  $2-3$  градуси більше за температуру коксового газу. Продуктивність по коксовому газу існуючого бензольного скрубелера складає  $50\,000 \text{ м}^3$  за годину. Витрата вбирного масла складає  $170 \text{ кг}$  на  $1$  тону сирого бензолу, або  $110-130 \text{ м}^3/\text{год}$  [1, 2, 3, 4].

Ефективність роботи бензольного скрубелера залежить від багатьох факторів: температура коксового газу на вході, температура вбирного масла на вході, поверхня контакту фаз в середині скрубелера, тиск на вході коксового газу та вбирного масла, фізико-хімічний склад коксового газу та вбирного масла.

Для розгляду основних шляхів підвищення ефективності роботи бензольного скрубелера пропонується наступні заходи:

- 1) Модернізація системи керування роботи бензольного скрубелера.
- 2) Розробка технічних рішень для покращення конструкції бензольного скрубелера.

Для модернізації системи керування роботи бензольного скрубелера застосуємо комплексний підхід. Комплект датчиків розташовується в патрубках входу та виходу коксового газу та вбирного масла (рис. 1.).



**Рис. 1. Технологічна схема бензольного скрубелера:**  
**1 – бензольний скрубелер; 2 – смінь для регенованого або нового вбирного масла; 3 – смінь для відпрацьованого вбирного масла; 4 – насоси для подачі вбирного масла**

Для отримання ефекту від модернізації необхідно систему датчиків підключати до загального існуючої АСУТП цеху або дільниці уловлення з подальшим поступовим інтегруванням. Показники датчиків повинні реєструватися через певний проміжок часу та мати вплив на керування управляючими технологічними факторами. Такими управляючими технологічними факторами для бензольного скрубера можуть виступати температура коксового газу на вході та виході, температура вбирного масла на вході та на виході, тиск коксового газу на вході та на виході зі скрубера.

Згідно технологічного регламенту значень температури коксового газу та вбирного масла – система керування повинна регулювати подачу масла. Одним із способів регулювання подачі вбирного масла є частотне регулювання його приводів. Це дозволить подавати більш точну кількість вбирного масла, яке необхідно для проведення уловлення бензольних вуглеводнів. Отже скоротить загальні витрати вбирного масла від 10 до 15 % та витрати електроенергії на подачу та відведення масла.

У середині бензольного скрубера розташована нержавіюча гофрована насадка. Кількість насадки складає 72 блоки, висотою 13824 мм.

У скрубери знаходяться розподільні тарілки в кількості 3 шт., призначені для рівномірного розподілу масла вбирного по площі скрубера. Розподільні тарілки розташовані через 2 яруси насадки. Загальна поверхня насадки складає 12760 м<sup>2</sup>

При експлуатації на ярусах насадки під розподільними тарілками відбувається контакт поверхні фаз між коксовим газом та вбирним маслом, але на наступних 2 ярусах насадки за причини «пристінного» ефекту насадка працює не в повній мірі. «Пристінний» ефект полягає в наступному явищі: тиск газу видавлює від центру до стінок скрубера вбирне масло з поверхневої насадки. Поверхнева насадка працює не в повному обсязі, що частково знижує ефективність роботи бензольного скрубера. Для підвищення ефективності роботи бензольного скрубера пропонується: встановлення додаткових входів для подачі та розподілення вбирного масла по поверхні блоків насадки.

### **Перелік використаних джерел**

1. Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. Харків: Гипрококс, 2018. 309 с.
2. Мехатроніка: підручник / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, В.В. Крушельницький. К.: ЦП „Компрінт”, 2020. 404 с..
3. Автоматизація виробничих процесів: підручник / В.П. Хорольський, Ю.М.Коренець. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2022. 375с.
4. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю.С.Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-125>

**DEVELOPMENT OF ALGORITHMIC SOFTWARE  
FOR DETECTING INTERFERENCE IN THE OPERATION  
OF METHANE CONCENTRATION SENSORS**

**РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВТРУЧАННЯ В РОБОТУ ДАТЧИКІВ  
КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ**

**Vovna O.V.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university "Metinvest  
polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine,  
Taras Shevchenko National University  
of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

**Вовна О.В.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна, Київський  
національний університет імені  
Тараса Шевченка, м. Київ, Україна*

**Kaydash H.S.,**

*PhD student, Donetsk National  
Technical University,  
Drohobych, Ukraine*

**Кайдаш Г.С.,**

*аспірантка,  
ДВНЗ «Донецький національний  
технічний університет»,  
м. Дрогобич, Україна*

**Актуальність** дослідження зумовлена зростаючою потребою підвищення безпеки у процесах видобутку вугілля, де висока концентрація метану становить серйозну загрозу аварій та ризиків для життя працівників. У зв'язку з цим системи моніторингу й захисту, які забезпечують контроль повітряно-газового складу, стають ключовим елементом для підтримання безпеки [1]. Однак виникає важлива проблема захисту метанових датчиків від несанкціонованого втручання, що може призвести до збоїв у роботі системи та створення потенційно небезпечних ситуацій. Це дослідження стає ще більш важливим через необхідність розробки методів виявлення таких збоїв для мінімізації ризиків аварій [2].

Запропонований підхід, що включає імітаційне моделювання та розробку випробувальних стендів, спрямований на вдосконалення системи моніторингу, здатної оперативно реагувати на можливі втручання. Це дослідження сприяє розвитку автоматизованого контролю з мінімальним апаратним резервуванням, що дозволяє точно виявляти критичні зміни у функціонуванні датчиків, забезпечуючи стабільність систем безпеки у вугільних шахтах [3].

**Метою дослідження** є розробка алгоритмічного забезпечення для виявлення втручання в номінальний режим роботи метанових датчиків у шахтних умовах. На основі інтелектуального аналізу даних передбачається створення апаратно-програмного забезпечення для швидкої ідентифікації

втручання з мінімальною затримкою часу, а також для підтримки прийняття рішень, що дозволить вчасно реагувати на аварійні ситуації та підвищити рівень безпеки на гірничодобувних підприємствах.

**Розв'язання задачі.** У дослідженні обґрунтовано розробку алгоритму для обробки сигналів, що надходять від датчиків системи аерогазового захисту вугільних шахт. Всі етапи цього дослідження представлені у вигляді блок-схеми, яка наведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Блок-схема алгоритму дослідження впливу втручання на роботу датчиків концентрації метану

Для вивчення впливу різних видів втручання на роботу метанових датчиків формують таблиці, де фіксуються зміни вихідного сигналу

залежно від герметичності чутливих елементів датчиків концентрації метану. Під час аналізу сигналу датчика важливо виділити унікальні характеристики, які дозволяють розпізнати втручання в його роботу. На основі цих особливостей розробляється метод, а також його апаратно-програмна реалізація для моніторингу втручання в номінальний режим роботи датчика.

Запропонований метод дозволяє визначити втручання в роботу датчика шляхом виявлення постійного зниження вихідного сигналу напруги під час перехідного процесу, спричиненого цим втручанням. Цей підхід не вимагає порівняння початкових і кінцевих значень сигналу, що знижує вплив концентрації метану на тривалість виявлення втручання.

Реалізація цього підходу забезпечить можливість моніторингу змін параметрів середовища в реальному часі, що сприятиме запобіганню потенційно небезпечним ситуаціям, пов'язаним з порушенням безпеки на виробництві.

Для проведення експериментів із дослідження процесів у вихідному сигналі датчика концентрації метану під час втручання у його роботу створено лабораторний випробувальний стенд. Цей стенд побудований на принципах фізичного моделювання з обліком подібності лабораторної моделі до реальної. Він є герметичною камерою, що імітує умови газового середовища у вугільній шахті. Камера оснащена метановим датчиком TX 3261[4] та додатковим обладнанням для дистанційного регулювання його режиму роботи, а також контрольно-вимірною апаратурою для реєстрації амплітудного значення вихідної напруги датчика в режимі реального часу.

### **Перелік використаних джерел**

1. Zhou Z., Hu Q., Zhang S. Design of Coal Mine Safety Monitoring System, *World Automation Congress*, 2012. pp. 109–111.
2. Vovna O., Zori A., Laktionov I. Improving the Efficiency of Information Measurement System of Coal Mine Air Gas Protection,” *Mining of Mineral Deposits*, 2017. vol. 11, no. 1, pp. 23–30.
3. Vovna O., Kaydash H., Rutkowski L. Sakhno I., Laktionov I., Kabanets M., Zozulya S. Computer-Integrated Monitoring Technology with Support-Decision of Unauthorized Disturbance of Methane Sensor Functioning for Coal Mines. *Journal of Control Science and Engineering*. John Wiley & Sons Ltd. Vol 2024. Article ID 1880839. 18 pages.
4. TROLEX: STX3261 Methane Sensor. URL: <https://trolex.com/wp-content/uploads/2021/12/11-361-STX3261-methane-sensor-IA-R6.pdf>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-126>

**REPUTATION CONTROL AS A STRATEGIC RESOURCE  
FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES: CURRENT CHALLENGES  
AND PERSPECTIVES**

**УПРАВЛІННЯ РЕПУТАЦІЄЮ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ РЕСУРС  
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ  
ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

**Davydenko O.V.,**  
*Student, gr. 174-24-1PhD,  
LLC “Metinvest polytechnic  
technical university”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Давиденко О.В.,**  
*студент, гр.174-24-1ДФ,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Koifman O.O.,**  
*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC “Metinvest  
polytechnic technical university”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Койфман О.О.,**  
*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Reputation is one of the key intangible components of modern enterprises shaping their perception among external and internal stakeholders. In the scientific literature, reputation is interpreted as a collective judgement of an enterprise’s quality, reliability, responsibility and competitiveness, formed based on its activities, achievements and communications. Reputation as an entity is regarded as a strategic asset capable of impacting competitiveness, financial stability and overall trust in a company.

Reputation control as both a scientific and practical discipline aims to purposefully shape, maintain and enhance a company’s image among its key audiences. This includes monitoring the current state of reputation, assessing its strengths and weaknesses and developing measures to achieve a positive perception. Reputation encompasses several dimensions, including product quality, innovation, social responsibility, environmental sustainability, management transparency and employee relations. The impact of these components is reflected in customer satisfaction, investor trust and the efficiency of cooperation with partners.

Theoretical research in the field of reputation control and management highlights the importance of an integrated approach that considers both

internal and external factors. Internal factors include production performance, management system, employee satisfaction and the effectiveness of internal communications. External factors encompass the company's communication activity in the media, the level of social responsibility, involvement in environmental initiatives and engagement with stakeholders.

Reputation also carries economic value, as it influences a company's financial performance. Companies with a strong reputation incur lower costs when attracting investments, can secure better financing and procurement terms, and attract skilled and talented employees. In contrast, a poor reputation creates obstacles to development, increases marketing expenses and may lead to the loss of customers or sanctions from regulatory authorities.

Modern research on reputation highlights the importance of its monitoring and management in the digital age. The growing role of social media and online communications significantly accelerates the speed of information dissemination, both positive and negative. Enterprises must leverage tools to analyse the sentiment of mentions, identify key topics and forecast risks.

Reputation control also requires the use of complex mathematical models and analytical approaches. The theoretical foundations include the use of multidimensional models that account for the relationship between the company's performance indicators and its reputation level. However, despite the importance of the topic, the scientific literature still contains a limited number of studies on automating reputation management processes and leveraging artificial intelligence for dynamic analysis. This creates prospects for further research and improvement of existing approaches, including their adaptation to complex industrial environments.

Therefore, reputation is not only a social phenomenon, but also a strategic resource that demands a systematic approach to management, incorporating theoretical foundations, technological capabilities and current challenges of the business environment.

Reputation control as a discipline is actively developing, particularly given the growing significance of intangible assets in the global economy. A company's reputation is no longer merely a reflection of its past achievements, but also a tool for strategic influence on stakeholders, including customers, partners, employees and investors. Contemporary approaches to reputation control and management demonstrate the multifaceted nature of this asset, combining traditional approaches with the latest technologies and data analytics techniques.

In today's world, reputation is shaped not only by the quality of products or services, but also by a company's ability to meet the social, environmental and ethical expectations of society. For example, according to the Edelman

Trust Barometer 2022, approximately 60% of consumers consider brand reputation as a crucial factor in their purchasing and employment decisions, while over 80% of institutional investors demand company transparency in their operations, paying equal attention to ESG as to operational and financial performance. This demonstrates that reputation management requires a holistic approach addressing the interconnection between business processes, corporate communications and the external environment.

One of the key traditional methods of reputation management is analysing public opinion through sociological research and surveys. This provides an objective overview of the attitudes of various stakeholder groups towards the company. However, such methods lack dynamism and do not allow for a prompt response to changes in real time. Modern reputation control tools have significantly expanded the possibilities for analysis, monitoring and forecasting. Some of the popular systems that are widely used in business include:

1. Platform for assessing corporate reputation RepTrak System is based on standardised metrics such as products, innovation, leadership, workplace, civic responsibility and financial stability.
2. Platform for analysing social media data YouScan uses artificial intelligence to identify trends, predict risks and analyse customer feedback.
3. Social media monitoring tool Brandwatch enables the analysis of brand mentions tone, identification of key discussion topics and evaluation of campaigns.

There are numerous platforms for managing digital marketing, content, online mentions and reviews, identifying trends and evaluating the effectiveness of campaigns, such as Reputation.com, Hootsuite, Sprout Social, and others.

These tools enable automated monitoring of companies' media activity, analyse the sentiment of mentions and identify risk trends, allowing businesses to address reputational challenges promptly.

According to Deloitte's Reputation@Risk study, 87% of executives consider reputational risks the most critical among other strategic risks to their businesses, identifying reputation as one of the most important intangible assets. The report also revealed that 41% of companies that suffered reputational damage experienced a loss in revenue, with some experiencing a decline of over 20%.

Modern companies use reputation metrics as a key component of strategic planning. For example, indicators such as Net Promoter Score (NPS), customer satisfaction (CSAT) and media activity help businesses evaluate the effectiveness of their initiatives and shape long-term strategies. In the mining

and metals industry, indicators reflecting environmental responsibility, community engagement, business transparency, investment and modernisation, and employee satisfaction are particularly important as they influence partnerships and access to investment.

Modern mathematical approaches are emerging as key tools for optimising reputation control processes, providing deeper data analysis and accurate forecasts. Their application allows companies to evaluate the impact of various factors on reputation more reasonably and adapt their strategies to dynamic changes in the external environment.

Regression analysis is a basic method for identifying quantitative correlations between internal performance indicators (e.g. product quality, resource utilisation efficiency) and reputational indicators (media activity, tone of media mentions, stakeholder loyalty). This analysis enables the company to identify which internal aspects have the greatest impact on its perception and develop recommendations for their improvement. For example, if a regression model indicates that switching to modern production technologies significantly improves reputation in the long run, the company can invest in relevant modernisation projects.

Systems of differential equations allow modelling dynamic changes in reputation over time, considering the interaction of internal and external factors. This approach is particularly beneficial for predicting the long-term effects of crises or implementing new strategies. For example, a system of equations can explain how a company's speed of response to a crisis impacts reputation recovery following negative events. This allows companies to optimise their communication processes, develop the necessary communication tools and minimise losses associated with reputational risks.

The Monte Carlo method is used to model the probability of various scenarios and assess risks. It enables to consider a wide range of uncertain factors affecting reputation and assess the likelihood of negative scenarios. For example, the method can be applied to analyse risks in the event of a large-scale incident (environmental, hostilities, social disruption or cyber-attack) by modelling its impact on the company's reputation depending on the effectiveness of crisis management measures.

Despite their significant benefits, implementing these methods in reputation control and management practices faces certain challenges. The main obstacles include the complexity of integrating different types of data (e.g. production, financial, social) and absence of a high level of automation of analytical processes, the need for access to qualitative data and investment in data processing technologies, the absence of standards and the dynamic nature of external changes. At the same time, these methods hold significant potential for the

development of reputation management. Integrating mathematical approaches with modern artificial intelligence and automation technologies can greatly simplify the analysis process and increase its accuracy. This opens up new opportunities for businesses seeking not only to effectively manage their reputation, but also to leverage it as a strategic resource to drive sustainable development and competitiveness in the global market.

The automation of reputation control and management processes is one of the most promising areas of business development in the face of digital transformation. In today's business environment, reputation is a multidimensional asset shaped by a wide range of internal and external factors. However, despite the growing importance of reputation management, the introduction of automated systems capable of accounting for all key parameters remains limited.

Today, there is a significant number of automation tools that monitor specific aspects of reputation. For example, the aforementioned social media analysis systems such as Brandwatch or YouScan utilise natural language processing (NLP) algorithms to analyse the sentiment of company mentions. Other tools focus on assessing the overall level of corporate reputation based on standardised metrics. However, while these systems are effective within their respective functions, they do not provide an integrated approach to reputation management, as they fail to consider the interrelationships between internal business indicators, reputational risks and the company's strategic goals.

The lack of comprehensive automated reputation control and management systems is the result of several factors. Firstly, reputation as a phenomenon is complex and multifaceted, making it challenging to formalise in the form of mathematical models. Secondly, the integration of data from various sources, such as production systems, financial indicators, social media data and stakeholder surveys, requires a strong analytical infrastructure. Thirdly, there is a lack of cross-industry standards that regulate the development of universal reputation management systems.

Automated reputation control and management systems have prospects for significant improvement through the integration of modern technologies such as artificial intelligence and machine learning. By leveraging neural networks and machine learning algorithms, these systems can process large volumes of data in real time, detect hidden patterns and predict reputational risks. For example, deep learning systems can analyse the sentiment of media mentions, considering not only textual information but also visual content.

One of the main tasks in developing holistic systems is to create models that account for the impact of internal business indicators on reputation and, vice versa, the impact of reputation on financial performance and company

strategy. This approach would enable the integration of reputation control into the overall economic planning system, making this process an integral part of operational management and strategic development.

In addition, automation reduces the impact of the human factor on decision-making, which is especially important in crisis situations when response time is critical. For example, in the event of a reputational crisis, the system can automatically identify sources of negative mentions, assess the scale of the issue and suggest effective measures to address it.

Despite the apparent benefits, modern businesses still underutilise the capabilities of automated reputation management systems. Most companies limit themselves to implementing tools for assessing specific reputation indicators or monitoring media activity. Consequently, the strategic potential of reputation as an integrated resource remains undervalued.

Modern approaches to reputation control are multidimensional and integrated, combining analytical methods and digital tools. They allow businesses not only to protect their image, but also to leverage reputation as a strategic resource to gain competitive advantage. Despite this, there is significant potential for further improvement, particularly through the development of comprehensive automation systems that consider all key reputational and business indicators. This will not only enhance the efficiency of reputation management but also ensure long-term competitiveness in the global market.

Such systems are critical for mining and metals companies, as they drive better financial performance, sustainable development and stakeholder trust.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-127>

**SIMULATION OF THE AUTOMATION MODULE  
OF THE AUTOMATION MECHANISM OF AUTOFLYING VALVES  
OF THE MARTENIVSKY FURNACE**

**МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МОДУЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ  
МЕХАНІЗМУ АВТОПЕРЕКИДАННЯ ШИБЕРІВ  
МАРТЕНІВСЬКОЇ ПЕЧІ**

**Druz Ye.A.,**

*Student (group 133-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Друзь Є.С.,**

*студент гр. 133-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Holotiuk M.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Голотюк М.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Bundza O.Z.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Бундза О.З.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Автоматизація мартенівських печей, зокрема механізмів регулювання шиберів, є важливим етапом для оптимізації процесів металургійного виробництва. Шибєрні механізми здійснюють контроль температурного режиму, забезпечуючи рівномірний розподіл повітря і газу по всьому об'єму печі. Однак, ручне управління цими механізмами знижує точність і стабільність, тому введення автоматизованої системи дозволяє підвищити ефективність управління.

Основна проблема полягає у нестабільній роботі шибєрних механізмів у мартенівських печах, що призводить до зниження температурного контролю і енергозатратності. Моделювання системи автоматизації дозволить зменшити втрати енергії та забезпечити оптимальні умови роботи мартенівської печі.

Дослідження в галузі автоматизації мартенівських печей часто зосереджуються на розробці алгоритмів управління температурними режимами і потоками повітря-газу. Однак, недостатньо висвітлено питання моделювання роботи автоматизованих шибєрних механізмів. Розроблені методи регулювання у поєднанні з датчиками температури і тиску можуть бути вдосконалені за допомогою автоматизованого контролю [1, 2, 3].

Автоперекидання шибєрів забезпечує динамічне регулювання потоків повітря та газу, які надходять у мартенівську піч. Цей процес впливає на температурний режим і забезпечує стабільну роботу печі без перегріву чи охолодження. Основне завдання модуля автоматизації полягає у забезпеченні оптимального положення шибєрів у залежності від змін у температурному і тисковому режимах.

Автоматизація процесу автоперекидання включає моніторинг параметрів і коригування положення шибєрів відповідно до обраної стратегії контролю. Це дозволяє уникати різких коливань температури та втрати енергії.

Математична модель описує роботу модуля, дозволяючи передбачити поведінку шибєрів і впливати на температурний режим у печі на основі параметрів процесу, таких як витрати газу, площа відкриття шибєрів та перепад тиску. Модель враховує нелінійний характер процесів теплообміну та динамічну зміну умов у печі.

Ключові аспекти моделі:

- Визначення оптимального положення шибєрів на основі температури;
- Врахування впливу витрат газу та повітря на параметри плавлення;
- Корекція налаштувань у реальному часі.

Для оцінки ефективності моделі було проведено симуляційні дослідження, які дозволили визначити, як автоматизований механізм шибєрів реагує на зміну умов у печі. Випробування показали, що автоматизований контроль дозволяє підтримувати стабільний температурний режим протягом тривалого часу і знижує енерговитрати. Зокрема, автоматичне коригування шибєрів у реальному часі допомогло уникнути перевитрати газу на 10-15%, що є значним показником енергоефективності.

Результати експериментальних досліджень підтвердили, що розроблений модуль автоматизації шибєрів підвищує стабільність температурного режиму в печі. За умов різкої зміни температури

автоматизована система швидко коригує положення шиберів, забезпечуючи стабільність процесу і запобігаючи перегрівам.

Серед основних переваг розробленої системи:

- Стабільність температурного режиму навіть при зміні параметрів навколишнього середовища;
- Зниження енерговитрат завдяки оптимальному використанню газу і повітря;
- Підвищення продуктивності мартенівської печі.

Автоматизація процесу автоперекидання шиберів мартенівської печі дозволяє значно підвищити ефективність плавлення металу за рахунок точного контролю температурного режиму. Розроблена модель є ефективною і може бути використана для подальшої оптимізації процесів у мартенівських печах. Перспективним напрямком є подальша інтеграція модуля автоматизації з іншими системами управління для досягнення ще більшої енергоефективності.

#### **Перелік використаних джерел**

1. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
2. Голотюк М.В. Підвищення ефективності технічного обслуговування машин / Голотюк М. В., Налобіна О.О., Бундза О.З., Тхорук Є.І., Дорошук В. О. *Вісник НУВГП, серія: Технічні науки*. Рівне: НУВГП, 2022. Вип. 3(99). С. 118–127.
3. Автоматизація виробничих процесів: підручник / В.П. Хорольський, Ю.М. Коренець. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2022, 375 с.

**IMPROVING THE DYNAMIC ACCURACY AND SPEED  
OF A TASK-BASED TRANSIENT PROCESS USING  
A TWO-PASS INPUT**

**ПОЛІПШЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ ТОЧНОСТІ ТА ШВИДКОДІЇ  
ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ ЗА ЗАВДАННЯМ  
ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВХІДНОГО ВПЛИВУ  
З ДВОХ СХОДИНОК**

**Isaiev A.B.,**  
*Senior Teacher,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Ісаєв А.Б.,**  
*старший викладач,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Раніше у роботі [1] був розглянутий такий вхідний вплив, який складається з двох однакових сходинок. Результати досліджень показали, що при спеціальній послідовності подачі сходинок вхідного впливу можливо помітно покращити динамічну точність перехідного процесу. Згодом з'явилася ідея як ще більше покращити динамічну точність.

Для досліджень, як і в роботі [1] використовувалась лінійна система регулювання, яка складається із статичного об'єкта керування із запізненням та пропорційно-інтегрального регулятора. Особливістю такої лінійної системи є те, що відносні показники коливально перехідного процесу залежать тільки від параметрів об'єкта керування та регулятора і не залежать від амплітуди вхідного впливу. Це є важливим для подальших розрахунків. Ми розглянемо такі показники як відносне динамічне перерегулювання та коефіцієнт перерегулювання.

Відносне динамічне перерегулювання можна визначити по графіку тестового перехідного процесу як відношення абсолютного перерегулювання до заданого значення. Його значення однакове, незалежно від величини вхідного стрибка і є відносним і безрозмірним. Позначимо його як  $R_d$ .

Коефіцієнт перерегулювання. Можна визначити по графіку тестового перехідного процесу як відношення амплітуди наступної півхвилі коливань до амплітуди поточної півхвилі коливань. Його значення однакове, незалежно від величини вхідного стрибка і є відносним і безрозмірним. Позначимо його як  $\delta$ .

Ідея розглянута в [1] полягала в тому, що дві половини вхідного впливу подавалися із зсувом у часі, так щоб коливання відбувалися у протилежних фазах і гасили одне одного. Але амплітуди вхідних впливів

були однакові. Тому другий максимум результуючого перехідного процесу був більшим за перший максимум рисунок 1б.

Для покращення пропонується використати вхідні впливи різних амплітуд. Співвідношення повинно бути таким, щоб амплітуда другої півхвилі коливань від першого вхідного впливу дорівнювала амплітуді першої півхвилі коливань від другого вхідного впливу. Тоді усі наступні коливання повинні згаснути і ми отримаємо перехідний процес схожий на аперіодичний. Відповідно очікується, що він буде більш швидким. В результаті розрахунків була винайдена аналітична формула для цього співвідношення:

$$K_{\text{швид}} = \frac{1}{1 + \delta}$$

Графік прикладу результатів моделювання з використанням  $K_{\text{швид}}$  показаний на рисунку 1в. На ньому ми бачимо, що процес аперіодичний і дуже швидко закінчується. У цьому перехідному процесі ми зменшили другу і наступні півхвилі, але амплітуда першої півхвилі навіть зросла порівняно з графіком рисунок 1б. Тобто динамічна точність погіршилась.

Для подальшого покращення точності пропонується підібрати таке співвідношення між амплітудами вхідних впливів, щоб порівняно з результатами наведеними на рисунку 1б одночасно зменшувалась амплітуда другого максимуму та збільшувалась амплітуда першого максимуму і вони стали однаковими. В результаті розрахунків була винайдена аналітична формула для цього співвідношення:

$$K_{\text{точн}} = \frac{1 + R_d}{1 + R_d(2 + \delta)}$$

Графік прикладу результатів моделювання з використанням  $K_{\text{точн}}$  показаний на рисунку 1г. На ньому ми бачимо, що амплітуди першого і другого максимумів є однаковими і є найменшими.

Загалом було проведено моделювання в Excel та Simulink, які показали однакові результати. Для порівняння були розглянуті чотири варіанти перехідних процесів:

- а) один вхідний вплив;
- б) два вхідних впливи із зсувом у часі на половину періоду коливань і половиною амплітуди порівняно з а);
- в) два вхідних впливи із зсувом у часі на половину періоду коливань і загальною амплітудою як в а) та співвідношенням  $K_{\text{швид}}$ ;
- г) два вхідних впливи із зсувом у часі на половину періоду коливань і загальною амплітудою як в а) та співвідношенням  $K_{\text{точн}}$ .

Приклади графіків результатів моделювання показані на рисунку 1. Приклади результатів розрахунків показників якості наведені у таблиці 1.

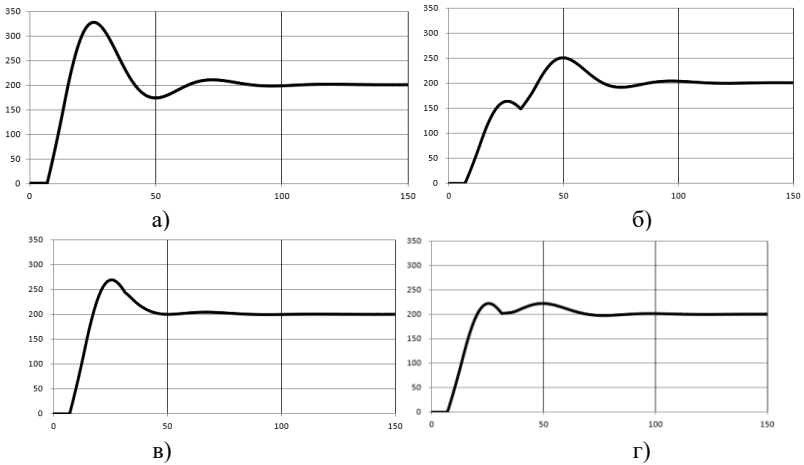


Рис. 1. Графіки результатів моделювання

Таблиця 1

Результати розрахунків показників якості

№	Варіант перехідного процесу	Абсолютне перерегулювання	Час регулювання по рівню 1% від заданого значення	Інтегральний показник якості
1	а)	126,59	101,15	598743
2	б)	49,81	105,00	563651
3	в)	69,22	78,05	467541
4	г)	22,15	80,50	456072

Таким чином ми підтвердили можливість подальшого покращення точності та швидкодії перехідного процесу за завданням за рахунок використання вхідного впливу з двох сходинок відповідного співвідношення.

**Перелік використаних джерел**

1. Ісаєв А.Б., Мірошниченко В.І., Койфман О.О., Сімкін О.І. Застосування двосхідчастого вхідного впливу для зменшення динамічного відхилення перехідного процесу за завданням у системах автоматизованого управління. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*, (48), 92–103. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.48.2024.310687>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-129>

**SMART GRID AS A DIRECTION TO IMPROVE THE STABILITY OF THE ELECTRIC POWER SYSTEMS IN UKRAINE****SMART GRID ЯК НАПРЯМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ****Kinshakov V.Yu.,**

*Student (group 141-23-1n),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Кіншаков В.Ю.,**

*студент гр. 141-23-1n,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Rukhlov A.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Рухлов А.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Електроенергетика України переживає складні часи: пошкодження або знищення внаслідок військових дій і без того застарілого обладнання, підвищення собівартості вироблення електроенергії, недостатньо розвинуті автоматизовані системи обліку електроенергії, низька гнучкість систем керування, яка заважає інтеграції локальних (розподілених) джерел енергії, слабкий рівень автоматизації та цифровізації розподільчих мереж. Усе це за умови інтеграції в енергосистему ЄС вимагає модернізації з використанням сучасних інтелектуальних мереж. Такі мережі повинні забезпечити високу

точність планування генерації електроенергії та розподілу її між споживачами, швидкість реагування на аварійні ситуації, моніторинг максимальної кількості потрібних параметрів для контролю необхідних показників, що підвищить якість електроенергії. У той же час в основній масі розподільчих мереж України велику частку займає обладнання, що було побудовано або змонтовано до 90-х років минулого століття, морально застаріле, зі зниженими показниками якості та великими втратами електричної енергії. Якщо порівнювати з розвиненими країнами, то в Україні показник втрат занадто високий та сягає 10-15% від усього випуску електроенергії. Звісно, за таких умов важко говорити про стабільність роботи наших електроенергетичних систем [1].

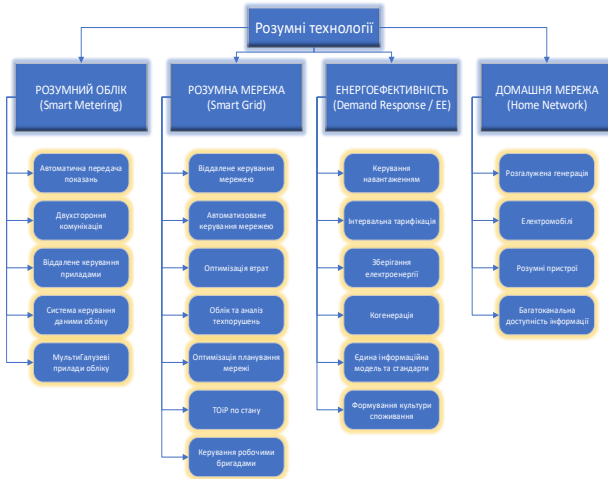
Поява локальних джерел малої та середньої генерації ускладнює керування та планування режимів роботи розподільчої мережі. Здебільшого в Україні застосовується середньострокове планування, яке має сезонний характер. Системи Smart Grid дозволяють вирішити це питання застосовуючи динамічне (оперативне) керування як найоптимальніший метод як для енергосистеми, так і для споживача. Такий метод вимагає від мережі контролю багатьох параметрів та можливість дистанційного керування за допомогою відповідних комутаційних апаратів. Безумовно, водночас цей метод вимагає значних інвестицій [2].

Отже, у загальному вигляді структуру «розумних» електроенергетичних технологій можна представити рис. 1.

Загалом концепція Smart Grid передбачає використання обладнання, пов'язаного між собою спільною мережею, створюючи єдину систему з можливістю простежування основних та допоміжних параметрів та можливість динамічного керування. Наприклад, для моніторингу споживання електроенергії використовують "розумні" лічильники, які можуть: передавати показники; рахувати споживання електроенергії по зонах доби; вимірювати параметри мережі; захищати від критичних коливань напруги; передавати інформацію енергокомпаніям про аварійні ситуації в мережі; відображати інформацію про заборгованість; зберігати інформацію, яка надалі може бути проаналізована тощо [3].

Окрім цього, "розумна" мережа дозволяє виконувати дистанційно та автоматично комутацію певного обладнання для обслуговування або оптимізації втрат, полегшує диспетчерське керування процесами. Цей функціонал властивий SCADA системам (Supervisory Control and Data Acquisition – диспетчерське керування та збір даних). Такі системи дозволяють керувати автоматизованими технологічними процесами, збирати та оброблювати дані в реальному часі, відстежувати стан обладнання тощо. В цілому, основні задачі SCADA-систем –

безперервний моніторинг роботи автоматизованих об'єктів та створення можливості своєчасно реагувати на несправності прямо з диспетчерського крісла.



**Рис. 1. Структура «розумних» електроенергетичних технологій**

Smart Grid спрямовані на реалізацію концепції енергоефективності, яка передбачає розвиток єдиних стандартів для обладнання для їх успішної інтеграції в енергомережу. Єдині стандарти дозволяють виготовляти обладнання для систем Smart Grid з впевненістю, що таке обладнання гарантовано буде працювати в цій системі. Однак ключовий етап енергоефективності – формування культури споживання та економії електроенергії, її раціонального використання. Наприклад, проекти, спрямовані на виведення низьковуглецевих технологій на ринок в енергоємних галузях промисловості, на використанням водню, енергозбереження та відновлювані джерела енергії, отримують гранти на загальну суму близько 60 млн євро, які фінансуються за рахунок доходів від Системи торгівлі викидами Європейського Союзу [4].

Загалом, безперервний розвиток та інтеграція Smart Grid технологій у світову енергосистему не може не "заціпити" українську електроенергетику. Така динаміка збільшує ймовірність стабільної роботи енергосистеми в цілому, зменшення втрат електроенергії, підвищення точності прогнозування генерації, зменшення часу ремонту електрообладнання.

### Перелік використаних джерел

1. Кіншаков В.Ю. Упровадження технологій Smart Grid при модернізації електроенергетичних систем в Україні / В.Ю. Кіншаков, А.В. Рухлов // *Науковий журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки.* – Запоріжжя: ТУ «Метінвест Політехніка», 2024. № 2. С. 71-76. URL: <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2024-2-11>

2. Яценко Д.В. Динамічне керування режимами розподільних мереж з локальними джерелами енергії: дис. ... д-ра філософії: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Яценко Дмитро Валерійович. – Київ, 2023. 200 с.

3. Бунько В.Я., Глубіш А.С., Бунько Н.В. Система Web-моніторингу та обліку електроенергії з використанням SMART-лічильника. *Інформаційні технології у сучасному світі: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених.* (Харків, Державний біотехнологічний ун-т, 22 квітня 2024 р.). Харків, 2024. С. 301-303.

4. Зелена трансформація України: інформаційний ресурс про Європейський зелений курс і Україну, 2023. URL: <https://greentransform.org.ua/16-proyektiv-u-yevropi-otrymaly-finansuvannya-vid-innovatsijnogo-fondu-yes/>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-130>

### MODERNIZATION OF THE WEIGHING SYSTEM FOR DETERMINING THE MASS OF LIME, SLUDGE AND COAL

### МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗВАЖУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ ВАПНА, ШЛАМУ ТА ВУГІЛЛЯ

**Lyvada V.V.,**

*Student (gr. 174-23-1m),  
LLC "Metinvest polytechnic  
technical university",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Ливада В.В.,**

*студент, гр.174-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Koifman O.O.,**

*PhD (Engineering), Associate  
Professor, Head of the Department,  
LLC "Metinvest polytechnic technical  
university", Zaporizhzhia, Ukraine*

**Койфман О.О.,**

*к.т.н., доцент, завідувач кафедри,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Точність вимірювання на вагах є важливим фактором для багатьох сфер діяльності, особливо у промисловості. Воно забезпечує точний контроль маси матеріалів або продукції, що необхідно для дотримання

стандартів якості та точності рецептур. У виробництві, зокрема, неправильне зважування може призвести до перевитрат сировини або порушення технологічного процесу, що впливає на якість кінцевої продукції.

Залізничні ваги використовують для зважування вагонів з сировиною, технологічними речовинами, готовою продукцією та для контролю маси тари вагону. Зважування може проходити як у динамічному так і у статичному режимі. Сучасні технології дозволяють мінімізувати вплив людського фактору на цей процес.

Метою роботи є розробка сучасної системи зважування на залізничних вагах, яка б задовольняла потреби у вантажопідйомності, точності зважування, мала незалежні платформи для зважування різних типів вагонів, систему розпізнання вагонів, забезпечувала безпеку при експлуатації та ремонтах.

Об'єкт впровадження нової системи – залізничні важільно-тензометричні ваги конверторного цеху металургійного комбінату, які мають багато проблем та недоліків, враховуючи термін служби наявних ваг більше 30 років при максимальному терміні у 15 років. Зважування відбувається повільно у ручному режимі. Похибка зважування – до  $\pm 400$  кг при допустимій межі зважування для цього типу ваг у  $\pm 150$  кг. Вагова електроніка морально і фізично застаріла, знята з виробництва, складається з перетворювача Ф4233/2 та пульта управління Ф4233/1, результат зважування контролюються на комп'ютері з встановленою системою Windows XP. Програмне забезпечення не відповідає політикам інформаційної безпеки підприємства, версія операційної системи та конфігурація ПК не дозволяють вводити ваги в домен підприємства. Необхідні технологічні данні вагонів вагар вводять в систему вручну на іншому комп'ютері.

Нову систему зважування пропонується побудувати з використанням сучасного ПЛК Siemens S7-1500 (CPU 1511-1 PN, модуль аналогового вводу, шість двоканальних модулів Siwarex WP521 ST, для тензометричних датчиків). Для контролю роботи та управління допоміжними системами обрано панель оператора TP-1500 Basic. Три незалежні платформи ваг буде обладнано по чотири тензометричних датчики НВМ С16А/С3, додатково – датчики освітлення, температури повітря та рівня води у котловані. Забезпечено релейний вихід на елементи освітлення, звукової сигналізації та управління насосом. Безперервна та стабільна робота системи буде забезпечена резервними живленням та каналом зв'язку з БД.

На комп'ютері оператора (вагяр) буде реалізовано головну програму зважування, до якої передаються данні з контролера та від програми розпізнання номерів вагонів, яка за допомогою нейромережі, визначає номер вагону, який знаходиться на платформах ваг. Для більшості типів вагонів можливе розпізнання за допомогою RFID міток. Уся необхідна інформація обробляється та відображається у головній програмі, яка в свою чергу взаємодіє з основною та резервною базою даних, формує усі необхідні електронні документи та використовується для друку їх паперових копій. Система SCADA використовується для контролю роботи контролера під час процесу зважування, виконання перевірки та калібрування ваг, а також для управління допоміжними системами.

Допоміжні системи виконують такі функції, як подача світових та звукових сигналів, автоматичне вмикання основного та допоміжного освітлення платформ, автоматична робота насосу для відкачки води у котловані, аварійна світової індикації при обслуговуванні та ремонтах ваг.

Впровадження нової системи збільшить вантажопідйомність ваг, що дозволить зважування усіх наявних видів вагонів, зменшить похибку зважування до  $\pm 100$  кг – що призведе до підвищення точності визначення ваги вантажів та тари вагону. Автоматичне розпізнання номерів вагонів унеможливить похибки у документах, як результат – відсутність штрафів та проблем з відправниками та одержувачами вантажів. Резервний канал передачі даних та резервне живлення надає можливість роботи в аварійних ситуаціях, зекономити час та витрату пального на перенаправлення составу на інші ваги. Використання допоміжної світової індикації сприятиме безпеці при виконанні ремонтних або періодичних робіт на вагах.

В подальшому отримані результати та висновки досліджень будуть представлені у докладі на конференції та при захисті кваліфікаційної випускної роботи на здобуття другого магістерського рівня вищої освіти.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-131>

## THE SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF THE HYDRAULIC PRESS OF THE SHOP OF MAGNESIUM PRODUCTS

### СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРЕСУ ЦЕХУ МАГНЕЗІАЛЬНИХ ВИРОБІВ

**Lykhoman K.V.,**

*Student (group 151-22-p),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Лихоман К.В.,**

*студент гр. 151-22-1п,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Koifman O.O.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Койфман О.О.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Гідравлічний прес ГП-17 використовується для виробництва скляних цеглин. Наразі система керування роботою пресу морально застаріла та відсутня можливість відстежувати технологічний процес в автоматичному режимі. Переведення преса на сучасне обладнання дозволить забезпечити якісну та безперервну роботу з безпечнішим її виконанням.

Прес складається з окремих електрично і механічно пов'язаних між собою механізмів: власне пресу, гідростанції, засипної каретки, станції мастила. Приводи преса – електричні, гідравлічні та пневматичні. Найвною системою управління передбачено п'ять режимів роботи преса: автоматичний; ручний; налагоджувальний; вихід у вихідне положення механізмів, кроковий.

Закладений «автоматичний» режим роботи забезпечує послідовне виконання операцій із виготовлення вогнетривких виробів на базі релейної схеми. У цьому режимі здійснюється підтримання заданих параметрів, зокрема, температури олії в межах 40-50 °С, забезпечення мастилом направляючих преса, виконання технологічних операцій. «Ручний» режим керування роботою преса використовується для ремонтних робіт та заміни оснастки. Режим «налагодження» служить для виконання робіт з налаштування системи управління. Режим «Вихід у

вихідне положення механізмів» необхідний для прискореного приведення механізмів преса у вихідний стан з якого починається «автоматичний» та «кроковий» режими, котрий повторює автоматичний режим із зупинкою циклу після виконання кожної операції.



**Рис. 1. Гідравлічний прес**

Людський фактор в керуванні роботою гідравлічного пресу неминуче призводить до відхилень у зусиллі пресування, що може призвести до браку продукції або пошкодження обладнання, зниження продуктивність виробничого процесу та якості готових виробів. Відстеження параметрів процесу та внесення коригувань у режимі реального часу утруднено при ручному керуванні.

Сучасні преси оснащені автоматизованими системами управління, які забезпечують високий рівень точності і швидкості. Такі системи дозволяють:

- автоматично налаштовувати параметри пресування;
- контролювати тиск, температуру, швидкість та інші критичні параметри процесу пресування;
- відслідковувати стан обладнання та попереджати про можливі збої.

Додатково використовується система для моніторингу параметрів роботи в режимі реального часу. Такі системи здатні відстежувати продуктивність, стан деталей та вузлів, запобігати можливим збоям і аваріям.

При виконанні кваліфікаційної роботи планується на базі програмованого логічного контролера розробити гнучку та надійну систему керування, яка може бути адаптована до різних технологічних процесів. Забезпечення плавного регулювання швидкості обертання електродвигуна дозволить точно дозувати зусилля пресування. Зручна взаємодія оператора із системою керування через використання НМІ дозволить налаштовувати параметри процесу та відстежувати стан обладнання з підвищенням продуктивності виробничого процесу.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-132>

**THE RELEVANCE OF IMPLEMENTING  
AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM  
FOR ENTERPRISE RESOURCE OPTIMIZATION**

**АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ  
ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ  
ПІДПРИЄМСТВА**

**Miroshnychenko S.O.,**  
*PhD student (group 174-24-1 phd),  
LLC "Technical university  
"Metinvest Polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Мірошниченко С.О.,**  
*аспірант (група 174-24-1ДФ),  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Koifman O.O.,**  
*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest Polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Койфман О.О.,**  
*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Miroshnychenko V.I.,**  
*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Мірошниченко В.І.,**  
*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

В умовах цифрової трансформації бізнесу та підвищення конкуренції особливої актуальності набуває питання ефективної інтеграції систем

підтримки прийняття рішень з наявними ERP-системами підприємств. Більшість ERP-систем надає широкі можливості для розробки та впровадження інтелектуальних рішень, проте потребує додаткових інструментів для підвищення ефективності процесу прийняття рішень.

Актуальність цього питання обумовлена наступними факторами:

1. Необхідність інтеграції методів штучного інтелекту та машинного навчання з наявним функціоналом для оптимізації використання ресурсів підприємства.

2. Потреба в автоматизації процесів прийняття рішень на основі інформації, яка вже накопичена в системі та зберігається в базах даних.

3. Обмежена кількість якісних та сучасних засобів для інтелектуальної підтримки прийняття рішень, інтегрованих з ERP-системами, що охоплює неповний діапазон бізнес-процесів.

4. Необхідність оптимізації використання ресурсів підприємства з урахуванням специфіки архітектури та можливостей ERP-систем.

5. Зростаючі вимоги до швидкості та якості прийняття управлінських рішень в умовах динамічного бізнес-середовища.

Пропонується розробити інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень, що передбачає інтеграцію з ERP-системою, для оптимізації використання ресурсів підприємства. Це забезпечить підвищення ефективності використання наявного функціоналу завдяки впровадженню інтелектуальних алгоритмів аналізу даних; автоматизацію процесів прийняття рішень на основі історичних даних та прогнозних моделей; оптимізацію розподілу ресурсів підприємства з урахуванням множини критеріїв та обмежень; зниження операційних витрат внаслідок більш ефективного використання функціоналу.

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення наступних завдань:

1. Аналіз архітектури обраної ERP-системи та можливостей її розширення для впровадження інтелектуальних компонентів;

2. Розробка математичних моделей та алгоритмів для аналізу даних, що зберігаються в базі даних системи;

3. Створення методів інтеграції інтелектуальних алгоритмів з наявними бізнес-процесами;

4. Розробка додаткових модулів для ERP-системи, що будуть містити функції підтримки прийняття рішень;

5. Створення механізмів оцінки ефективності прийнятих рішень та їхньої оптимізації в межах обраної ERP-системи;

6. Розробка інтерфейсів взаємодії користувачів із системою підтримки прийняття рішень відповідно до найкращих практик та прийнятих стандартів.

7. Надання рекомендацій для персоналу шляхом автоматизованого створення відповідної супровідної документації бізнес-процесу з можливістю прийняття оператором остаточного рішення.

8. Формування аналітики наприкінці звітного періоду з урахуванням точності наданого системою прогнозу та результатів дій оператора (погодження або відхилення рекомендацій).

9. Забезпечення постійного навчання моделі ШІ в процесі експлуатації запропонованої системи для безперервного підвищення точності прогнозування.

Завдяки впровадженню пропонованої системи планується підвищити ефективність управління використанням ресурсів підприємства і, як наслідок, знизити оперативні витрати. Для цього необхідно реалізувати інтеграцію визначених на основі експертної думки релевантних факторів у прогнозну модель, що дозволить підвищити точність прогнозування бізнес-процесів та ефективність прийняття управлінських рішень, а також розробити та впровадити інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень на базі моделі ШІ як додатковий модуль ERP-системи, що забезпечить комплексний підхід до аналізу даних та оптимізації розподілу ресурсів підприємства. Розроблений в результаті модуль може бути інтегрований в різні ERP-системи завдяки можливості API-інтеграції.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-133>

**IMPROVEMENT OF THE EXISTING FUNCTIONALITY  
FOR FORECASTING FINISHED GOODS INVENTORY  
AT THE ENTERPRISE WAREHOUSES BASED  
ON THE STOCK FORECASTED REPORT ERP ODOO**

**ВДОСКОНАЛЕННЯ НАЯВНОГО ФУНКЦІОНАЛУ  
ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ  
НА СКЛАДАХ ПІДПРИЄМСТВА НА БАЗІ STOCK FORECASTED  
REPORT ERP ODOO**

**Miroshnychenko S.O.,**  
*PhD student (group 174-24-1phd),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Мірошниченко С.О.,**  
*аспірант (група 174-24-1оф),  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

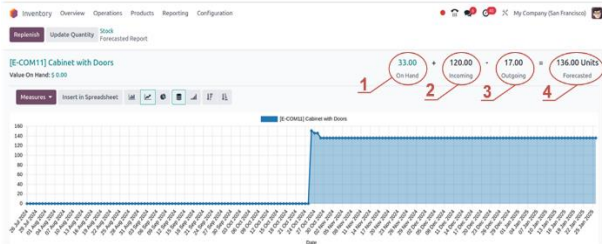
В умовах цифрової трансформації бізнесу особливої актуальності набуває використання підприємствами ERP-систем як ефективного інструменту для підвищення конкурентоздатності на ринку. Платформа Odoo, як одна з провідних відкритих ERP, надає широкі можливості для автоматизації бізнес-процесів [1].

Наявний базовий функціонал прогнозування кількості товару на складі, реалізований в Odoo як Stock Forecasted Report, використовує переважно прості статистичні методи та має доволі обмежені прогностичні можливості, адже не враховує всю множину факторів, наявних в базі даних системи.

На рис. 1 наведено результати роботи базового функціоналу щодо визначення майбутньої кількості готового товару на складі [2]. З переліку факторів (рис. 1, 1-3), що беруть участь у розрахунку прогнозованої кількості продукту, видно, що не враховуються як вхідні, так і вихідні незатверджені замовлення, яких може бути значна кількість, а також можливість виготовлення товару з наявних на складі підприємства компонентів. Окрім вказаних недоліків, варто зазначити, що в базовому функціоналі не передбачено аналіз необхідної кількості компонентів для компенсування майбутнього дефіциту готового товару.

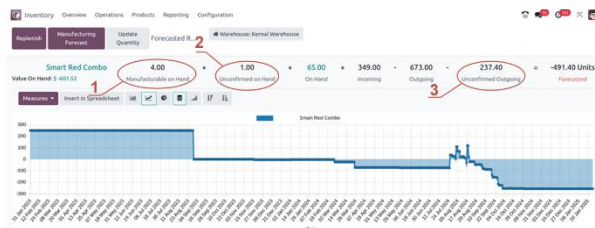
Автором було розроблено модель, яка вдосконалює вказаний функціонал для забезпечення прогнозування кількості готової продукції та компонентів для її виробництва на складах підприємства. Для цього при розрахунку прогнозованої кількості готової продукції були враховані наступні фактори (рис. 2, 1-3): кількість товару, яка може бути вироблена з наявних на складі підприємства компонентів; кількість товару, яка наразі виготовляється в замовленнях на виробництво; зменшення кількості товару,

по розраховане з урахуванням усіх типів непідтверджених замовлень на продаж та вихідних замовлень на доставку.



**Рис. 1. Базовий функціонал Stock Forecasted Report:**

- 1 – *On Hand* – кількість товару на складі в поточний час, од.;
- 2 – *Incoming* – розраховане збільшення кількості товару на підставі підтверджених замовлень на придбання та вхідних замовлень на доставку, од.;
- 3 – *Outgoing* – розраховане зменшення кількості товару на підставі підтверджених замовлень на продаж та вихідні замовлення на доставку), од.
- 4 – *Forecasted* – остаточний прогноз кількості товару на складі, од.



**Рис. 2. Розширений функціонал Forecasted Report прогнозування кількості продукту згідно з розробленою моделлю**

- 1 – *Manufacturable on Hand* – кількість товару, яка може бути вироблена з наявних на складі підприємства компонентів, од.
- 2 – *Unconfirmed on Hand* – кількість товару яка наразі виготовляється в замовленнях на виробництво, од.
- 3 – *Unconfirmed Outgoing* – розрахункове зменшення кількості товару з непідтверджених замовлень (джерело: всі типи непідтверджених замовлень на продаж та вихідні замовлень на доставку), од.

Величина «*Unconfirmed Outgoing*» розраховується з урахуванням вірогідності успішного виконання замовлення:

$Unconfirmed\ Outgoing = Product\ Quantity * Quantity\ Modifier$ ,  
де *Product Quantity* – кількість продукту в замовленні, од.

*Quantity Modifier* – поправковий коефіцієнт, який визначається в залежності від двох факторів (табл. 1):

1. *Confidence* – рівень надійності відповідного замовлення (наразі визначається в ручному режимі менеджером (1 □ 3));
2. *Stage* – поточний статус замовлення, що показує на якому етапі обробки знаходиться замовлення в системі.

Таблиця 1

**Залежність *Quantity Modifier* від факторів впливу**

<i>Stage</i>	<i>Confidence</i>	<i>Quantity Modifier</i>
<i>Closed Win</i>	any	100%
<i>Secure</i>	3	90.00%
<i>Secure</i>	2	75.00%
<i>Secure</i>	1	60.00%
<i>Propose</i>	3	40.00%
<i>Propose</i>	2	30.00%
<i>Propose</i>	1	10.00%

де статус замовлення:

«*Closed Win*» – успішно завершене (*Outgoing*);

«*Secure*» – погоджене, але не завершене (*Unconfirmed Outgoing*);

«*Propose*» – пропозиція, непогоджене замовлення (*Unconfirmed Outgoing*).

Основним недоліком розробленої моделі є пряма залежність результатів прогнозування від суб'єктивної оцінки менеджера, тобто людського фактору. Тому є необхідність розробити систему прогнозування ймовірності успішного завершення замовлення на продаж в Odoo [3] на основі таких факторів, як ефективність покупця та ефективність менеджера. Ці показники ефективності планується визначити за допомогою аналізу історичних даних з використанням штучного інтелекту.

**Перелік використаних джерел**

1. Open Source ERP and CRM | Odoo. *Odoo*. URL: <https://www.odoo.com/> (date of access: 29.09.2024).

2. Inventory – Odoo 18.0 documentation. *Open Source ERP and CRM / Odoo*. URL: [https://www.odoo.com/documentation/18.0/applications/inventory\\_and\\_mrp/inventory.html](https://www.odoo.com/documentation/18.0/applications/inventory_and_mrp/inventory.html) (date of access: 29.09.2024).

3. Sales – Odoo 18.0 documentation. *Open Source ERP and CRM / Odoo*. URL: <https://www.odoo.com/documentation/18.0/applications/sales/sales.html> (date of access: 29.09.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-134>

## WALKING ROBOTS. PROBLEMS AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

### КРОКУЮЧІ РОБОТИ. ПРОБЛЕМИ Й НАПРЯМКИ РОЗРОБЛЕННЯ

**Nalobina O.O.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Налобіна О.О.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Shymko A.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, National  
University of Water and Environmental  
Engineering, Rivne, Ukraine*

**Шимко А.В.,**

*к.т.н., доцент,  
Національний університет водного  
господарства та природо-  
користування,  
м. Рівне, Україна*

**Bundza O.Z.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, National  
University of Water and Environmental  
Engineering, Rivne, Ukraine*

**Бундза О.З.,**

*к.т.н., доцент,  
Національний університет  
водного господарства та  
природокористування,  
м. Рівне, Україна*

На сучасному етапі однією з ознак ефективного розвитку виробництва є запровадження мехатронних і роботизованих систем. Роботизовані системи і роботи стали показником розвитку не лише у виробничій сфері, а в повсякденному житті людини.

Можливості роботизованих систем пристосовуватись до різних виробничих умов, забезпечувати реалізацію різноманітних завдань характеризує гнучкість їхнього застосування. Роботи можуть забезпечити різну кількість ступенів вільності, залежно від призначення, при цьому немає потреби збільшувати їхні розміри та масу, що є певною перевагою перед іншим обладнанням.

Дослідженню роботизованих систем і роботів присвячено роботи І.С. Зарубіна, С.В. Сотника [1], В.О. Яценко [2], Bretl, T. [3], Fong, T., Thorpe, C., & Vaug, C. [4] та багатьох інших вчених.

Аналіз чинних досліджень виявив, що у сучасному світі застосовуються різноманітні роботи, які розрізняють за видом управління, за позиціонуванням, за призначенням і способом пересування.

Саме спосіб пересування є предметом дослідження Gay, S., Santos-Victor, J., Ijspeert, A.J., Bellegarda, G., & Ijspeert, A.J. Vandesompele, A. та інші [5, 6, 7]. Від виду ходової системи залежить швидкість адаптації робота до умов навколишнього середовища.

Аналіз напрямків розвитку мобільних роботів виявив зростання досліджень, спрямованих на розробку й аналіз функціонування крокуючих роботів [5, 6, 7]. Даний вид роботів є альтернативою транспортним засобам із колісною або гусеничною ходовою системою, особливо за потреби переміщення по нерівній поверхні.

Крім того, для крокуючого робота не виникає потреби у подоланні значних опорів переміщенню, що обумовлено тертям між поверхнею ходової системи і опорною поверхнею (грунтом, тощо). Значною перевагою крокуючого робота є мінімальні значення тиску на опорну поверхню. Це особливо важливо за умови переміщення робота по ґрунту, який не ушкоджується, що доводить екологічні властивості крокового рушія.

Аналіз чинних досліджень крокуючих роботів дозволив нам виявити їхні недоліки та сформувавши перелік нерозкритих питань або недостатньо глибоко досліджених проблем у даному напрямку. Розглянемо їх нижче.

Головним недоліком крокуючих роботів є необхідність у розробці спеціального блоку контролю, необхідного для координації ніг щоб рухатись у потрібному напрямку або підніматися на об'єкти, утримуючи систему робота стабільною.

Створення системи контролю є складною задачею, вона значно складніша ніж у колісних роботів. Складність пояснюється кількістю

ніг, степенями свободи, які притаманні кожній з них. Крім того, необхідно вирішити задачу пропорційного розподілу мас між ногами.

Розробка крокуючих роботів та системи керування ускладнюються більш складними динамічними показниками. Це можна пояснити:

- потребою в розробці приводів на кожен ногу;
- необхідністю узгодження значень крутних моментів, особливо їхнього максимального значення;
- необхідністю узгодження значень швидкостей лінійних переміщень вздовж осей систем координат (кутових швидкостей за умови обертання ланок – ніг робота).

Крім того, ходова система крокуючих роботів повинна бути адаптованою до навколишнього середовища. Дослідження процесу взаємодії з навколишнім середовищем потребують розробки моделей оптимізації управління рухом, які будуть враховувати параметри зовнішнього середовища і розкривати їхній вплив на стабільність системи – робот крокуючий.

В літературі представлені різні підходи до проектування крокуючих роботів і моделювання систем керування [8, 9]. Автори вирішують дані задачі з використанням алгоритмів оптимізації та програмного забезпечення для моделювання та анімації. Особливістю розроблених моделей є одноманітний підхід до завдання законів управління крокуючими роботами.

Закони управління задаються у вигляді законів зміни зусиль, що реалізуються приводними двигунами, або у вигляді геометричних або кінематичних програмних законів руху. Такі моделі є складними й не завжди адекватними.

Враховуючи вище зазначене, розробка управління мобільними крокуючими роботами, а також оптимізація режимів їхнього руху є складною та важливою проблемою. Для вирішення даної проблеми авторами роботи запропоновано застосовувати генетичний алгоритм пошуку й оптимізації параметрів, прототипом якого є принцип природнього відбору. Це дозволило сформулювати базові принципи оптимального керування рухом крокуючого робота й обґрунтувати концептуальні моделі законів керування, які будуть перевірені на імітаційних моделях. Застосування генетичного алгоритму надасть можливість контролювати зміну параметрів руху, здійснювати рух з мінімальною кількістю двигунів, максимально простого керування, а після докладної перевірки моделей запропонувати методику синтезу крокуючих роботів.

### Перелік використаних джерел

1. Зарубін І. С., Сотник С. В. Ефективність використання роботизованих систем у виробництві // I Всеукраїнська конференція «Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки», 16-17 травня 2024.: тези доп., Харків. с.150-153
2. Яценко В. О. Інтелектуальні роботизовані системи в забезпеченні безпеки життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу. // Математичні машини та системи. 2020. №1. с. 3-29.
3. Fong T., Thorpe C., Baur C. Robot, asker of questions // *Robotics and Autonomous systems*. 2003. Vol. 42 (3-4). pp. 235-243.
4. Bretl T., Rock S., and Latombe J. (2003). Motion planning for a three-limbed climbing robot in vertical natural terrain // *IEEE International Conference on Robotic and Automation*. 2003. Vol. 3. pp. 2946–2953. DOI:10.1109/ROBOT.2003.1242043
5. Gay S., Santos-Victor J., Ijspeert A.J. Learning robot gait stability using neural networks as sensory feedback function for Central Pattern Generators. // *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. 2013. pp. 194-201. DOI:10.1109/IROS.2013.6696353
6. Bellegarda G., Ijspeert A.J. CPG-RL: Learning Central Pattern Generators for Quadruped Locomotion // *IEEE Robotics and Automation Letters*. 2022. Vol. 7. pp. 12547-12554. DOI:10.1109/LRA.2022.3218167
7. Vandesompele A., Urbain G., Wyffels F., Dambre J. Closed Loop Control of a Compliant Quadruped with Spiking Neural Networks // *Biologically Inspired Cognitive Architectures*. 2019. Pp. 547-555. DOI:10.1007/978-3-030-25719-4\_71
8. Lederer A., Begzadi A., Das N., Hirche S. Safe Learning-Based Control of Elastic Joint Robots via Control Barrier Functions. // The 22nd World Congress of the International Federation of Automatic Control. 2023. Vol. 56(2). Pp. 2250-2256. DOI:10.1016/j.ifacol.2023.10.1189
9. Liu Z., Zhang C., Jin B., Zhai S., Dong J. Design and development of an embedded controller for a hydraulic walking robot WLBOT. // *Applied Sciences*. 2021. Vol.11(12):5335. DOI:10.3390/app11125335

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-135>

**MODERNIZATION OF THE PROCESS OF LUMPING RAW ROLLS  
IN THE TECHNOLOGICAL LINE OF THE LURGI-552 FIRING  
MACHINE IN ORDER TO IMPROVE THEIR QUALITY**

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОГРУДКУВАННЯ СИРИХ  
ОБКОТИШІВ У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ЛІНІЇ ВИПАЛЮВАЛЬНОЇ  
МАШИНИ LURGI-552 З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ЯКОСТІ**

**Nikitin A.A.,**

*Master's degree student,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Нікітін А.А.,**

*здобувач вищої освіти  
магістерського рівня,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Bundza O.Z.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Бундза О.З.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Holotiuk M.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Голотюк М.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

В сучасних умовах серед різних показників якості окускованої залізородної сировини найбільш важливою є механічна міцність, яка лімітує рівень форсування доменної плавки та скорочення витрат твердого палива на виплавку чавуну.

В цьому сенсі в якості сировини найбільш привабливими є залізородні обкотиші – оброблені гранули із залізної руди, які завдяки своїй формі та щільності рівномірно розподіляються в доменній печі, забезпечуючи ефективніше плавлення та витримку стабільної температури. Також використання обкотишів зменшує витрати палива завдяки оптимальній аерації та кращому доступу кисню [1].

Як відомо, якість обпалених обкотишів визначається насамперед якістю шару сирих обкотишів на випалювальній машині. Час перебігу

фізико-хімічних процесів при термічній обробці обкотишів (а значить і механічні властивості) залежить від їх розміру. Шар, сформований з однорідних по гранулометричному складу обкотишів, має досить високу порізність, що забезпечує ефективну термічну обробку обкотишів і отримання високих показників якості готового продукту.

З погляду подальшої обробки сирих обкотишів, надзвичайно важливим є їх гранулометричний склад. Як правило, кращими показниками є сферична форма обкотишів та вузький діапазон коливань розмірів [2].

Таким чином, однією з найважливіших технологічних операцій при виробництві залізородних обкотишів є процес грануляції, який здійснюється на чашовому огрудковувачі. А головне завдання виробництва сирих обкотишів – оптимізація їх гранулометричного складу.

Одним із напрямків підвищення ефективності виробництва сирих обкотишів є вдосконалення управління процесом огрудкування, що полягає в оперативному формуванні раціональних режимів функціонування чашового огрудковувача.

Серед основних режимів роботи чашового огрудковувача, що впливають на гранулометричний склад отриманих сирих обкотишів можна виділити швидкість обертання чаші та кут нахилу чаші.

Кут нахилу змінюється з метою зменшення чи збільшення часу обкатування матеріалу з урахуванням забезпечення необхідної інтенсивності накачування шихти. Наприклад, якщо на огрудкування надходить шихта підвищеної вологості, і обкотиші швидко утворюються, потрібно зменшити час накачування шихти в чаші, для цього потрібно збільшити кут нахилу і навпаки, якщо на огрудкування надходить шихта з низькою вологістю – потрібно зменшити кут нахилу. При замалому куту нахилу зменшується рухомість огрудковуємого матеріалу, що призводить до появи безформних комків, мілких обкотишів та необкатоної шихти. Зі збільшенням куту нахилу, поліпшується рухомість матеріалу та якість видаваних з чашового огрудковувача обкотишів, збільшується рівномірність гранулометричного складу та міцність. При надмірному збільшенні кута нахилу, рух матеріалу в чаші переходить з режиму перекачування в водоспадний режим та огрудкування не відбувається [3].

Зміна куту нахилу чашових огрудковувачів встановлених в ЦВО-2 ПВНГЗК не можлива в процесі роботи, а можлива тільки під час проведення капітального ремонту випалювальної машини.

Кожному куту нахилу чашового огрудковувача та вологості шихти відповідає оптимальне число обертів чаші. При малих обертах чаші

шихта в ній здійснюється на невелику висоту та перекатується на меншій частині тарелі, при цьому ріст зародишів обкотишів уповільнюється і з чаші виходять дрібні обкотиші. При збільшенні числа обертів зростають центрові сили, що притискають матеріал до дна та борту, від чого він здійснюється на більшу висоту, перекатування відбувається на більшій частині днища, крупність та міцність обкотишів зростає [3].

На сьогоднішній день в умовах ЦВО-2 ПівнігЗК зміна числа обертів можлива лише шляхом зміни шківів реміної передачі приводу огрудковувача. В зв'язку з цим, впливати на процес огрудкування зміною числа обертів чаші безпосередньо під час технологічного процесу неможливо.

З вищесказаного можна зробити висновок, що сьогодні на ЦВО-2 ПівнігЗК немає можливості оперативно впливати на якість сирих обкотишів в умовах, коли на ділянку огрудкування поступає сировина з нестабільними властивостями (вологість, якість домішок і самого концентрату). Тобто, проблема оперативної автоматичної зміни параметрів роботи чашового огрудковувача досить актуальна.

Для вирішення цієї проблеми можна запропонувати виконати модернізацію чашового огрудковувача з встановленням автоматизованих систем зміни кута нахилу чаші та регулювання числа обертів чашового огрудковувача. Впровадження даних автоматичних систем курування дасть можливість оперативно реагувати на фізичні властивості сировини, яка потрапляє на дільницю огрудкування, та значно поліпшити показники вихідної продукції ділянки, такі як гранулометричний склад сирих обкотишів.

### **Перелік використаних джерел**

1. Л.А. Цибулько. Конспект лекцій по дисципліні «Технологія використання корисних копалин». Дніпро, 2006 р. 117 с.
2. Б. П. Юрьев, Н. А. Спирін, О. Ю. Шешуков, В. А. Гольцев, О. І. Шевченко, А. А. Метелкін. Розробка технологій для виготовлення залізородних обкотишів з високими металургійними властивостями. Монографія. Нижній Тагіл, 2018. 196 с.
3. Д. А. Ковальов, Н.Д. Ванюкова, В. П. Іващенко, Б.П. Крикунов, М. В. Ягольник, М. Н. Бойко. Теоретичні основи виробництва окускованої сировини. Учебний посібник для вищих учбових закладів. Дніпро: ІМА-прес-2011 р.– 476 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-136>

**THE PROBLEM OF RESONANCE PHENOMENA ON 35 KV BUSES  
OF A FERRO-ALLOY PRODUCTION IN THE PRESENCE  
OF DISTRIBUTED GENERATION FROM SOLAR POWER PLANTS**

**ПРОБЛЕМА РЕЗОНАНСНИХ ЯВИЩ НА ШИНАХ 35 КВ  
ФЕРОСПЛАВНОГО ВИРОБНИЦТВА ПРИ НАЯВНОСТІ  
РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ВІД СОНЯЧНИХ  
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ**

**Рапаїка Ю.А.,**  
*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Папайка Ю.А.,**  
*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Lukianenko O.S.,**  
*Student (group 141-24-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Лук'яненко О.С.,**  
*студент гр. 141-24-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Система електропостачання (СЕП) металургійного підприємства є унікальним електромагнітним середовищем, в якому відбувається генерування, поширення та вплив електромагнітних завад на приймачі електроенергії. Тому виникає завдання їхньої електромагнітної сумісності, під якою розуміється здатність електрообладнання, апаратів і приладів нормально функціонувати в електромагнітному середовищі, не створюючи неприпустимих завад для іншого обладнання, що функціонує в тому ж середовищі. Сучасні виклики до електроенергетичних систем стосовно безперебійності живлення та енергетичної безпеки спонукають підприємства до впровадження відновлюваних джерел енергії для забезпечення гарантованого електропостачання об'єктів критичної інфраструктури [1]. Масове застосування сонячних електростанцій за розподіленим принципом генерації викликало системне погіршення якості електроенергії за показниками несинусоїдальності. У деяких режимах «послабленої» енергосистеми результати моніторингу електричних режимів на шинах

35 кВ феросплавного виробництва виявили резонансні явища на частотах канонічних та неканонічних вищих гармонік.

*Якість електроенергії* – це сукупність її властивостей, що визначають вплив на електрообладнання, прилади та апарати та оцінюване показниками якості електроенергії, що чисельно характеризують рівні електромагнітних завад за частотою, значенням діючої напруги, формі його кривої, симетрії та імпульсам напруги.

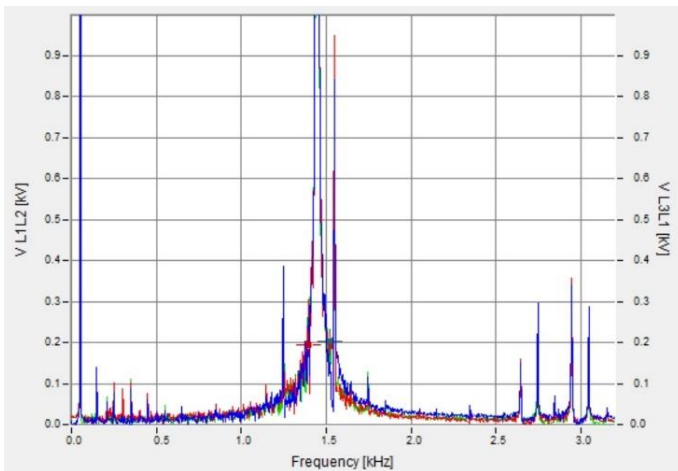
Енергосистема, призначена для виробництва, передачі, розподілу електроенергії та перетворення її на енергію інших видів, містить велику кількість джерел електромагнітних завад: лінії електропередачі, розподільчі пристрої (підстанції) з комутаційними апаратами, електроприймачі, технічні засоби автоматизації, управління, захисту та зв'язку, перетворювачі частоти, електротехнологічні установки (дугові та феросплавні печі, електролізні ванни, установки електрозварювання).

За наявності вищих гармонік (ВГ) у СЕП з'являються додаткові втрати в електричних машинах, трансформаторах та мережах, виникають проблеми з налаштуваннями пристроїв компенсації реактивної потужності за допомогою статичних конденсаторів, скорочується термін служби ізоляції електричних машин та апаратів, погіршується робота пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку. місце та інші негативні наслідки [2].

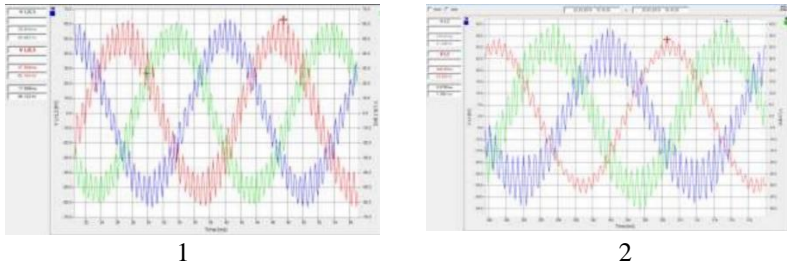
Металургійна промисловість України займає пріоритетні позиції у повоєнному відновленні та розвитку економіки України. Значні інвестиції сьогодні спрямовано на забезпечення автономного електропостачання, захищеності виробничих приміщень та підстанцій, підвищення енергетичної ефективності виробництва. Застосування частотного електропривода для різноманітних технологічних операцій дозволяє позбутися пускових струмів та забезпечити електропостачання надважливих споживачів від альтернативних джерел енергії (генератори на дизельному паливі або газі, когенераційні установки, сонячні та/або вітрові електростанції з накопичувачами енергії). Інтенсивне впровадження силової перетворювальної техніки в систему електропостачання феросплавного виробництва призводить до негативних наслідків у вигляді електромагнітних завад. Вони мають, зазвичай, гармонійний характер та у випадку зниження потужності енергосистеми та переході сонячних електростанцій у острівний режим можливі виникнення резонансних явищ. Резонанси на частотах ВГ та інтергармонік небезпечні для електрообладнання, що істотно знижує надійність електропостачання підприємства.

Для аналізу та оцінки виникнення (впливу) резонансних явищ у системах електропостачання феросплавних підприємств необхідне моделювання амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) електричної мережі з урахуванням взаємних опорів (провідностей) окремих її елементів (кабельних та повітряних ліній, трансформаторів, електродвигунів). Отримані АЧХ дозволяють виявити зону резонансних частот при наявності у схемі електропостачання сонячних інверторів.

Алгоритм розрахунку АЧХ відомий [1]. На початковому етапі моделювання необхідна наявність максимально достовірної інформації про параметри системи електропостачання підприємства (довжини та перерізи повітряних та кабельних ЛЕП, потужності силових трансформаторів, типи струмообмежувальних реакторів, потужності БК, опори системи). Потім виявляються режими, які характерні при проведенні ремонтно-відновлювальних робіт або острівних режимів роботи сонячних електростанцій. Після цього складається схема заміщення для кожного аналізованого режиму роботи та визначаються результуючі опори мережі та навантаження. Результати практичного моніторингу резонансних явищ на секції шин 35 кВ при приєднанні сонячних інверторів наведено на рисунках 1-2.



**Рис. 1. Вигляд АЧХ при переході сонячної станції у острівний режим**



**Рис. 2. Резонанси лінійних (1) та фазних напруг (2) на шинах 35 кВ**

### **Перелік використаних джерел**

1. Папаїка Ю.А. Енергетична ефективність систем електропостачання / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка. Д.: НТУ «ДП», 2018. 149 с.
2. Papaika, Yu.A., Lysenko, O.H., Koshelenko, Ye.V., Olishevskiy, I.H. (2021). Mathematical modeling of power supply reliability at low voltage quality. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2021, (2), pp. 97–103. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-2/097>.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-137>

## **MODERNIZATION OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE METHODOICAL 6-ZONE FURNACE WITH STEPPING BEAMS**

### **МОДЕРНІЗАЦІЯ АСУТП МЕТОДИЧНОЇ 6-ТИ ЗОННОЇ ПЕЧІ З КРОКУЮЧИМИ БАЛКАМИ**

**Pokotylova O.V.,**  
Student (group 174-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine

**Покотилова О.В.,**  
ТОВ студент гр.174-23-2м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна

**Simkin O.I.,**  
PhD (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine

**Сімкін О.І.**  
к.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна

**Tsibik M.S.,**  
Head of IT, Promet Steel JSC,  
Debel, Bulgaria

**Цибик М.С.,**  
керівник ІТ, АТ «Промет Стіл»,  
Дебелт, Болгарія

В сучасному світі підприємствам для того, щоб залишатися конкурентоспроможними, потрібно швидко адаптуватися до змін та підвищувати свою операційну ефективність. Основним технічним

засобом управління операційною продуктивністю є автоматизовані системи управління технологічними процесом (далі – АСУТП), які здійснюють управління технологічними процесами та ресурсами, проводять моніторинг ключових показників ефективності. Від стану АСУТП залежить продуктивність виробництва, якість продукції, оптимальність використання ресурсів, безпека та екологічність. Постійне оновлення та модернізація АСУТП є стратегічно важливими заходами для підприємств.

На одному з металургійних заводів Європи функціонує АСУТП нагріву заготовок перед прокаткою в методичній 6-ти зонній печі з крокуючими балками. Основні завдання, які вирішуються системою: збір та обробка технологічної інформації; управління тепловим (тиск та витрата газу та повітря, співвідношення газ-повітря) та температурним режимом печі (підтримання заданих температур у шести зонах печі для рівномірного нагріву заготовок); відображення (у вигляді графічних екранів) та управління всіма параметрами печі; оперативне відключення і управління в разі критичних відхилень параметрів.

Збір даних та системи регулювання реалізовані на базі програмованих логічних контролерів SIMATIC S7-300. Аналогові та дискретні модулі передають команди до виконавчих пристроїв. Виконавчі механізми забезпечують рух заготовок, подачу повітря та газу, регулюючи нагрів у різних зонах печі. В якості регуляторів в системах регулювання технологічних параметрів печі використовуються ПІД-регулятори. В якості SCADA-системи використовується WinCC.

До недоліків діючої системи треба віднести: застарілі технічні засоби автоматизації; застаріла версія SCADA-системи WinCC, яка не інтегрується з операційною системою Windows 11 та системою управління ERP, що обмежує можливості комплексного аналізу даних, ускладнює звітність та має слабку функцію захисту даних; недостатній контроль за станом обладнання, недосконалість регулювання енерговитратами та застарілий інтерфейс оператора.

В рамках магістерської роботи з метою модернізації АСУТП методичної 6-зонної печі з крокуючими балками пропонується:

1. Оновлення програмного забезпечення для SCADA-системи (перехід на WinCC v8.0). Ця версія надасть значні покращення, а саме: підтримка сучасних операційних систем Windows 11 (64-bit) Professional та Enterprise та інші; можливість інтеграції с хмарними сервісами; скорочення часу завантаження та реакцію на команди; оптимізація використання оперативної пам'яті та процесора знижує вимоги до апаратних ресурсів; покращена робота з архівами даних та великими об'ємами інформації; підтримка промислових протоколів, таких як OPC UA та MQTT; наявність предиктивної аналітики та IoT-рішень для моніторингу стану обладнання, що дає можливість своєчасно виявляти зношення обладнання і уникати аварійних зупинок.

2. Оптимізація процесу горіння через налаштування співвідношення газ-повітря. Ця функція дозволить автоматично коригувати співвідношення газ-повітря без втручання оператора, що забезпечує стабільність процесу та підвищену економічність.

3. Модернізація інтерфейсу оператора.

За попередніми розрахунками, економічний ефект від модернізації складає \$330000.

Модернізація АСУТП методичної печі є важливою інвестицією, що дозволить підприємству підвищити продуктивність, знизити витрати та відповідати екологічним нормам.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-138>

## DETERMINATION OF THE CONTROL PROCESS PARAMETERS OF THE FREQUENCY REGULATED ELECTRIC DRIVE OF THE BRIDGE CRANE

### ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ МОСТОВОГО КРАНУ

**Razzhyvin O.V.,**

*PhD (Engineering),*

*Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Разживін О.В.,**

*к.т.н., доцент,*

*ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Astafurov A.Yu.,**

*Student (group 174-23-1m),*

*LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Астафуров А.Ю.,**

*студент гр. 174-23-1м,*

*ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Найбільш розповсюдженим засобом механізації вантажно-розвантажувальних робіт у металургійній промисловості є мостові крани. Функціонування електроприводних систем переміщення: мосту, візка та гаку мостового крану, є взаємозв'язаним.

Сучасні електроприводи кранового обладнання [1] будуються з використанням електродвигунів змінного струму з частотним

регулюванням швидкості обертання валу. Застосування частотно-регульованих двигунів дозволяє підвищити надійність та забезпечити значну економію витрат електроенергії в перехідних режимах роботи електроприводу. Однак, слід зазначити, що ефективність застосування взаємозв'язаних приводних систем визначається налаштуванням приводу, пов'язаними з конкретними режимами роботи, що вимагає математичного моделювання та деталізації розрахунків. У зв'язку з цим, дослідження особливостей технологічного процесу частотного регулювання електроприводами, встановлення параметрів процесу керування є актуальною науково-технічною задачею.

Метою дослідження є зниження енерговитрат при експлуатації мостового крану КМ1635 шляхом розробки та дослідження автоматизованого електроприводу підйому гаку.

З метою визначення статичних параметрів електроприводу підйому гаку проведено розрахунок параметрів виконавчих механізмів, за результатами якого визначено основні технологічні параметри приводної системи, які використовуються при розробці математичної моделі автоматизованого електроприводу. Автоматизована система управління (АСУ) швидкістю обертання ротору приводного електродвигуна будується з застосуванням принципу частотного регулювання й включає в себе перетворювач частоти і асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. Для управління двигуном з короткозамкненим ротором застосований частотний перетворювач Altivar ATV900.

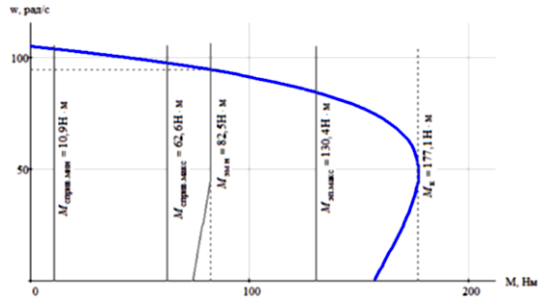
За рівнянням Клосса [3, 4] проведено розрахунок природних механічних характеристик з метою оцінки узгодження розрахункових параметрів з паспортними технічними даними електродвигуна за виразом:

$$M_{em}(s) = \frac{3U_{i\phi m}^2 R_2'}{\omega_0 s_n \left( X_{kn}^2 + \left( R_1 + \frac{R_2'}{s_n} \right)^2 + \left( \frac{R_1 R_2'}{s_n X_{\diamond}} \right)^2 \right)} \quad (1)$$

За результатами побудови механічних характеристик електропривода (див. рис 1) перевіряється правильність вибору електродвигуна за моментом з умови

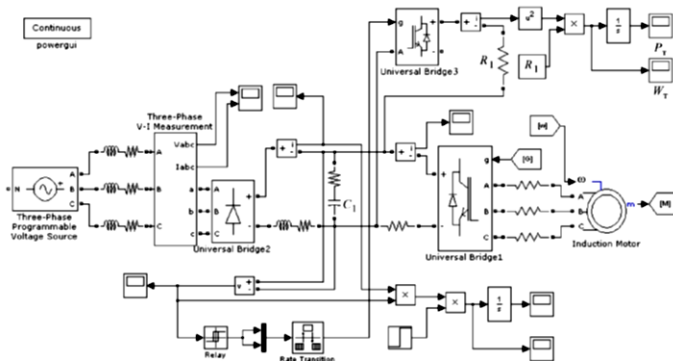
$$M_{em.тpив.дон} \geq M_{c.макс};$$

$$77,2 \text{ Нм} \geq 62,6 \text{ Нм}.$$



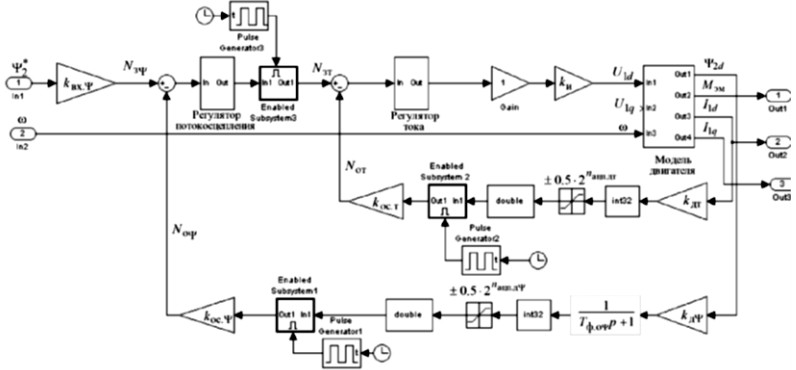
**Рис. 1. Механічні характеристики асинхронного електродвигуна та характеристики навантаження**

За проведеними вище розрахунками здійснено математичне моделювання електропривода підйому крану з використанням ПЗ MatLab [2]. Використано математичну модель асинхронного двигуна у прикладному пакеті SimPower Toolboxes. На математичній моделі слідуючого асинхронного електроприводу з векторним керуванням (див. рис. 2) проведено дослідження автоматизованого електроприводу який включає асинхронний двигун з векторним керуванням, перетворювач частоти з широтно-імпульсною модуляцією, квантування сигналів: зворотнього зв'язку за рівнем та сигналів керування за часом.

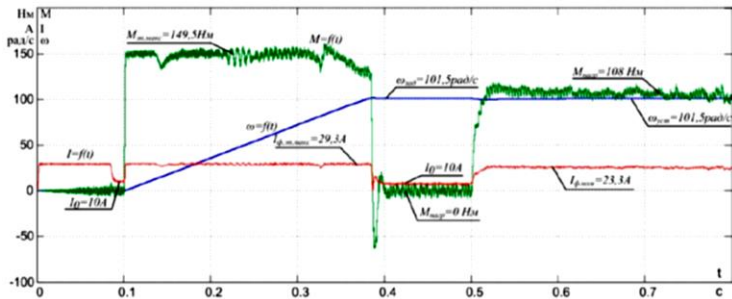


**Рис. 2. Математична модель електричної частини силового каналу системи перетворювач частоти – асинхронний електродвигун**





**Рис. 4. Математична модель контуру поточкозчеплення з аналоговим датчиком і внутрішнім контуром ПІ**



**Рис. 5. Графіки перехідного процесу електромагнітного моменту  $M_{ем}(t)$ , кутової швидкості  $\omega(t)$  і фазного струму  $i_{\phi}(t)$  двигуна**

Моделльні графіки перехідних процесів  $\omega = f(t)$ ,  $M = f(t)$  та  $I = f(t)$ , визначають якісні показники налаштування контурів управління. На графіках не спостерігається перерегулювання, які перевищують допустимі значення, виконується точне відпрацювання впливів, що задаються, а також всіх значень швидкостей, струмів та моментів співпадають з розрахованими.

### **Перелік використаних джерел**

1. Підйомно-транспортні машини. Навчально-методичний посібник. Навчально-методичний комплекс / І. М. Бендера, О. Я. Стрельчук, В. В. Підлісний, Г. О. Іванов. Кам'янець-Подільський, ФОП Сисин О.В., Абетка, 2014. 368 с.
2. Толочко О.І. Векторні моделі асинхронного двигуна у середовищі пакета MATLAB / О.І. Толочко, Г.С. Чекавський, Д.М. Мірошник // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. Кременчук, 2003. Т.1. № 2 (19). С. 199-202.
3. Видмиш, А. А.; Ярошенко, Л. В. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2020. 387 с.
4. Електропривод: Навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, В. В. Козирський, Ю. М. Хондола, І. П. Ільчов; За ред.. О. Ю. Синявського. К.: Аграр Медіа Груп, 2013. 586 с.
5. Марушак Я.Ю. Синтез електромеханічних систем з послідовним та паралельним корегуванням: Навчальний посібник. Львів, Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2004. 312 с.
6. Півняк Г.Г. Сучасні частотно – регульовані асинхронні електроприводи з широтно – імпульсною модуляцією : монографія / Г.Г. Півняк, О.В. Волков.– Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2006. 470 с.
7. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. 2-ге вид., К.: Либідь, 2007. 656 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-139>

**ANALYSIS OF THE DEGREE OF INFORMATIVENESS  
OF THE DATABASE DESCRIPTION OF THE STATE  
OF AUTOMATION OBJECTS**

**АНАЛІЗ СТУПЕНЮ ІНФОРМАТИВНОСТІ БАЗИ ДАНИХ  
ОПИСУ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

**Razhyvin O.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Разживін О.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Ryabchenko A.A.,**

*Student (group 174-24-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Рябченко А.А.,**

*студентка гр. 174-24-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Pokotylova O.V.,**

*Student (group 174-24-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Покотилова О.В.,**

*студентка гр. 174-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

При управлінні складним та унікальним обладнанням, автоматизації технологічного процесу використовуються таблично задані параметри, за допомогою яких регламентуються дії операторів та забезпечуються необхідні результати процесу. Математичне моделювання, а також організація роботи АСУ ТП можливе за допомогою цифрових двійників об'єктів автоматизації. Сучасна тенденція синтезу цифрових двійників виходить з бази даних параметрів вхід-вихід об'єкта.

Складання бази даних параметрів вхід-вихід об'єкта у вигляді таблиці, яка може містити:

– розроблені інструкції або вказівки щодо регулювання параметрів технологічного процесу, що охоплюють усі ситуації, виникнення яких ймовірне;

– параметричне зміна керованої величини залежно від зміни вхідних (керуючих) параметрів.

Тому процес створення табличної інформації потребує певних обмежень щодо достатності. У цьому під достатністю слід розуміти достатність обсягу інформації, використання якого гарантує сприятливий результат процесу чи високу точність побудови цифрового двійника об'єкта автоматизації.

У зв'язку з викладеними особливостями задача визначеності ступеню інформативності бази даних опису стану об'єктів автоматизації є актуальною науково-технічною задачею

Мірою невизначеності інформації в якомусь джерелі служить інформаційна ентропія. Повідомлення описуються безліччю величин  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , які можуть бути, наприклад, ознаками наявності або відсутності інформації, а також ймовірностей, що відповідають цим величинам  $p_1, p_2, \dots, p_n$ .

У дискретному статистичному рівномірному розподілі ймовірностей  $p_k$  інформаційною ентропією називають величину [1]:

$$H_{\text{и}} = - \sum_{k=1}^n p_k \ln p_k,$$

при умові, що  $\sum_{k=1}^n p_k = 1$ .

Значення  $H_{\text{и}} = 0$ , якщо будь яке з  $p_k = 1$ . У цьому невизначеність інформації відсутня. Ентропія набуває найбільшого значення, коли  $p_k$  рівні між собою. У цьому випадку невизначеність інформації є максимальною.

Приймаючи поняття ентропії як міру неупорядкованості інформації, можна зробити висновок, що у вирішенні поставленої задачі велику інформативну цінність дає не саме значення ентропії, а її інтегральне уявлення, що дозволяє наочно уявити процес зміни ентропії в міру насичення таблиці інформацією.

Сформулюємо поставлене завдання в такий спосіб. Таблиця даних, що складається з  $n$ -осередків, заповнена  $m$  параметрами і  $n \cdot m$  пробілами. Визначимо величину ентропії  $H$ . Практичне використання таблично заданих параметрів показує, що в ході технологічного процесу з таблиці витягується інформація, що знаходиться в певних осередках, в яких міститься  $k$  значень, а не всі дані з таблиці (див. рис.1).

Умовно прийемо, що кількість осередків з необхідною інформацією дорівнює  $k$  і не перевищує чисел  $m$  та  $n \cdot m$ . У такому разі технологічний процес може мати  $k$  різних результатів, відповідних тому, що серед значень,

що витягуються, виявляться 1,2, ..., k даних. Позначимо ці сприятливі результати через  $A_0, A_1, A_2, \dots, A_k$ , несприятливі через  $\overline{A_0}, \overline{A_1}, \overline{A_2}, \dots, \overline{A_k}$ , відповідно, їх ймовірності матимуть позначення  $p_{A_i}$  та  $p_{\overline{A_i}}$

Припустимо, що нам відомий результат  $A_i$ . Тоді в таблиці даних після отримання інформації з комірки може залишитися  $m - i$  значень та  $n - m - k + i$  пропусків. Відповідно, після вилучення інформації ймовірності  $p_{A_i}$  та  $p_{\overline{A_i}}$  наступного вилучення параметрів із осередків приймають такі значення:

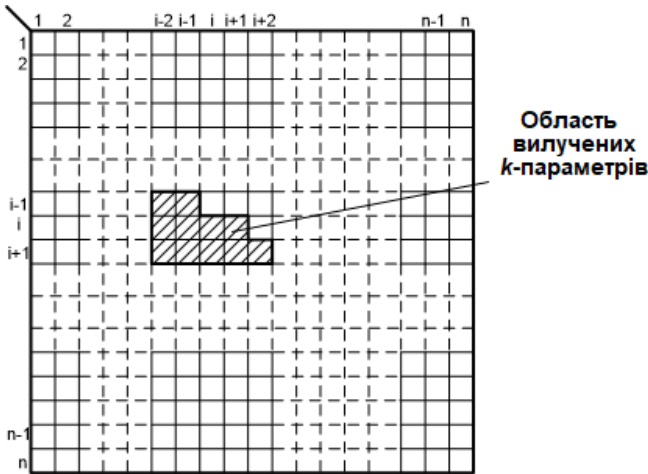


Рис. 1. Структура таблиці бази даних

$$p_{A_i} = \frac{m - i}{n - k}, p_{\overline{A_i}} = \frac{n - m - k + i}{n - k}.$$

З огляду на це інтегральне подання інформаційної ентропії при послідовному вилученні інформації визначиться, таким чином:

$$H_{u_1} = \int_1^k -p_{A_i} \log(p_{A_i}) di = \int_1^k \left( -\frac{m - i}{n - k} \log \left( \frac{m - i}{n - k} \right) \right) di \quad (1)$$

Ентропія відсутності інформації визначиться, виразом:

$$H_{u_i} = \int_1^k -p_{\bar{A}_i} \log(p_{\bar{A}_i}) di = \int_1^k \left( -\frac{n-m-k+i}{n-k} \log\left(\frac{n-m-k+i}{n-k}\right) \right) di. \quad (2)$$

Вирази (1) та (2) описують закон зміни ентропії двох результатів – наявності та відсутності інформації у вибірці  $k$  значень із таблиці.

Як міра інформативності скористаємося функцією бажаності Харрінгтона [1]:

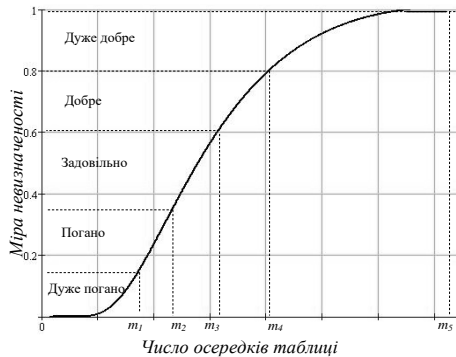
$$d = e^{-e^{-y}},$$

де  $y$  – будь який параметр.

Для зв'язку оцінки міри інформативності з ентропією перетворимо функцію бажаності Харрінгтона на наступний вид:

$$d = \int_1^k \left( -e^{\frac{-1}{p_{\bar{A}_i}} \log e^{\frac{-1}{p_{\bar{A}_i}}}} \right) di$$

Графік зміни міри інформативності наведено на рис. 2. На осі ординат нанесена шкала міри інформативності  $d$ , з діапазоном від 0 до 1, а на осі абсцис – кількість осередків таблиці.



**Рис. 2. Графік зміни міри інформативності  $d$  від числа осередків таблиці з інформацією**

На шкалі міри інформативності  $d$  розставлені стандартні функції Харрінгтона позначки (див. табл. 1). Шкала  $d$  у цьому випадку виступає

способом формалізації достатності кількості інформації в таблиці для успішного проведення технологічного процесу.

За потреби стандартні позначки можуть бути змінені експертною групою.

Оцінка інформативності таблиці, що визначає технологічний процес, через ентропію та функцію бажаності Харрінгтона дозволяє формалізувати процедуру прийняття рішення про достатність підготовленої інформації для реалізації технологічного процесу.

Таблиця 1

### Оцінка інформативності за шкалою міри інформативності

Оцінка інформативності	Відмітки на шкалі $d$ міри інформативності	Резюме
Дуже погано	0-0,17	Проведення технологічного процесу неможливе, необхідний збір даних
Погано	0,17-0,37	Проведення технологічного процесу небажане, необхідний додатковий збір даних
Задовільно	0,37-0,60	При проведенні технологічного процесу можливі неправильні дії через відсутність достатньої кількості значень
Добре	0,60-0,80	Можливий хороший результат проведення технологічного процесу, кількість параметрів занесених до осередків таблиці достатньо
Дуже добре	0,80-1,00	Успішне керування технологічним процесом

### Перелік використаних джерел

1. Borda, M. *Fundamentals in Information Theory and Coding*. Springer, Berlin. 2011. 486 p. DOI 10.1007/978-3-642-20347-3
2. Суботін О.В. Підвищення достовірності первинної інформації в системах комплексної автоматизації прокатних станів / О.В. Суботін, О.В., Разживін // *Обробка матеріалів тиском: Зб. наук. пр. ДДМА*, – № 3 (24). – Краматорськ: ДДМА. 2010. С. 205–211.
3. Ткачук Р.Л. Моделі нечітких і ймовірнісних мір на розбитті простору станів складних систем в умовах невизначеності / Л.С. Сікора, Р.Л. Ткачук, О.С. Довгун // *Зб. наук. пр., Вип. 30*. Київ, ПІМЕ. 2005. С.132-140.

4. Кучеренко Є.І. Методи, моделі та інформаційні технології оцінювання станів складних об'єктів: монографія / Є.І. Кучеренко, В.Є. Кучеренко, І.С. Глушенкова, І.С. Творошенко; ХНАМГ, ХНУРЕ. Х. : ХНАМГ; ХНУРЕ, 2012. 278 с.

5. Кватер Т. Нейромережні інформаційні технології контролю і діагностики динамічних об'єктів в умовах невизначеності. / Т. Кватер. Львів: ДНДТ, 2005. 267 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-140>

**MODELING OF THE SYSTEM OF STARTING AND PROTECTING  
ELECTRIC ENGINES OF LANDING GUNS IN THE CONDITIONS  
OF AN OPERATING PULP-PUMPING STATION**

**МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЗАПУСКУ ТА ЗАХИСТУ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ ЗЕМСНАРЯДІВ В УМОВАХ  
ДІЮЧОЇ ПУЛЬПО-НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ**

**Semeniuk M.S.,**  
*Student (group 133-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Семенюк М.С.,**  
*студент гр. 133-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Holotiuk M.V.,**  
*PhD (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Голотюк М.В.,**  
*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Nalobina O.O.,**  
*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Налобіна О.О.,**  
*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Земснаряди широко використовуються для переміщення великих об'ємів гірських порід і рідини під час видобутку та очищення водойм. Електричні двигуни земснарядів забезпечують живлення для пульпо-

насосних станцій, які працюють в умовах високого навантаження та агресивного середовища. Для забезпечення надійної роботи цих двигунів необхідно не лише організувати ефективний запуск, а й встановити відповідні системи захисту від перевантажень, замикань та інших аварійних ситуацій.

Метою дослідження є аналіз існуючих систем запуску та захисту електричних двигунів, а також розробка рекомендацій для підвищення надійності роботи пульпо-насосних станцій.

Електродвигуни, які приводять в дію пульпо-насосні станції, працюють у складних умовах. До основних факторів, що впливають на роботу двигунів, належать:

- високий рівень вологості, що може викликати корозію контактів;
- перевантаження під час запуску та підвищене навантаження у робочому режимі;
- ризики перегрівання в умовах тривалої експлуатації.

Двигуни повинні бути оснащені системами захисту, які враховують специфічні умови роботи і забезпечують надійний захист від непередбачуваних збоїв.

Запуск електричних двигунів є критичним моментом через високі пускові струми, які можуть пошкодити обмотки і знизити термін служби двигуна. Існує кілька основних методів запуску, що забезпечують плавність процесу та мінімізують ризики:

– **Плавний запуск (Soft Starter):** забезпечує контрольований збільшення пускового струму, знижуючи навантаження на двигун. Це допомагає уникнути стрибків навантаження і зменшує зношування обладнання.

– **Запуск через перетворювач частоти:** дозволяє точне регулювання швидкості і моменту запуску. Цей метод забезпечує оптимальний режим роботи, що особливо важливо в умовах пульпо-насосних станцій з перемінним навантаженням.

– **Автотрансформаторний запуск:** застосовується для зменшення пускового струму шляхом підключення двигуна через автотрансформатор, що знижує навантаження на мережу під час запуску.

Для дослідження роботи системи запуску та захисту електричних двигунів було проведено серію тестів на пульпо-насосній станції. Дослідження показали, що застосування плавного запуску у поєднанні з тепловим захистом і захистом від короткого замикання дозволяє підвищити ефективність роботи двигунів на 20%, знижуючи

навантаження на електричну мережу та подовжуючи термін служби обладнання.

Дослідження системи запуску та захисту електричних двигунів земснарядів в умовах пульпо-насосної станції показало, що використання сучасних методів запуску та комплексних систем захисту значно підвищує ефективність і надійність роботи обладнання. Особливу ефективність продемонстрували методи плавного запуску та захисту від перевантажень у поєднанні з дистанційним моніторингом. Запропоновані заходи з оптимізації роботи електродвигунів можуть бути впроваджені для підвищення ефективності роботи пульпо-насосних станцій та зменшення енерговитрат.

Для подальшого вдосконалення роботи пульпо-насосних станцій рекомендується:

1. Застосовувати систему дистанційного моніторингу з можливістю прогнозування стану двигунів на основі аналізу параметрів у режимі реального часу.

2. Використовувати сучасні системи автоматичного коригування пускового струму, що дозволяє знизити навантаження на мережу та уникнути перевантажень.

3. Проводити регулярні тестування системи захисту для вчасного виявлення несправностей та запобігання аварійним ситуаціям.

Ці заходи дозволять підвищити надійність роботи земснарядів, знизити витрати на обслуговування та ремонт, а також підвищити енергоефективність виробництва.

### **Перелік використаних джерел**

1. Проектування електричних машин : навч. посіб. / Д.В. Циленков, О.Б. Іванов, О.В. Бобров, В.В. Кузнецов, В.В. Артемчук, М.О. Баб'як ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Д. : НТУ «ДП», 2020. 408 с.

2. Голотюк М.В. Дослідження експлуатаційних властивостей машин і обладнання / Налобіна О. О., Голотюк М.В., Бундза О. З., Гавриш В.С., Серілко Д. Л. Рівне : НУВГП, 2021. 383 с.

3. Автоматизація виробничих процесів: підручник / В.П. Хорольський, Ю.М. Коренець – Кривий Ріг:ДонНУЕТ,2022-375с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-141>

## KEY ISSUES IN SUPPORTING AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

### ОСНОВНІ ПИТАННЯ СУПРОВОДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

**Simkin O.I.,**

*PhD (Engineering), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Сімкін О.І.,**

*к.т.н., професор, ТОВ «Технічний  
університет «Метінвест  
політехніка», м. Запоріжжя,  
Україна*

**Leonov A.A.,**

*Head of automation,  
PJSC “Zaporizhstal”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Леонов А.А.,**

*начальник управління автоматизації,  
ПАТ «Запоріжсталь»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Життєвий цикл (від формування концепції до демонтажу) автоматизованих систем управління технологічними процесами (далі – АСУТП) передбачає декілька етапів. З точки зору призначення таких систем, найтривалішим і плідним є етап технічної експлуатації, під час якого зазвичай технологічний персонал управляє об’єктом, користуючись АСУТП, а супроводжуючий персонал АСУТП здійснює стеження за роботою технічних засобів автоматизації та комп’ютерних пристроїв і супроводжує програмне забезпечення системи.

Нижче перелічені основні питання, які необхідно вирішувати супроводжуючим персоналом АСУТП під час технічної експлуатації системи:

1. Підготовка (навчання) як технологічного персоналу, так і персоналу супроводження.

2. Розробка/корегування:

– робочої документації на всю систему та, якщо це необхідно, на її окремі частини;

– інструкцій з експлуатації АСУТП для користувачів-технологів;

– інструкцій чергового персоналу АСУТП.

Документація системи повинна бути доступною для персоналу в будь-який час.

3. Організація робіт з метрологічного забезпечення АСУТП та періодичне проведення метрологічних атестацій.

4. Організація робіт з інформаційної безпеки.

5. Оперативне обслуговування системи.

Моніторинг стану обладнання об'єкта та технічних засобів системи. Відновлення та оптимізації роботи АСУТП. Оцінка причин виходу з ладу під час експлуатації технічних засобів автоматизації, їх ремонт чи заміна, і, якщо це потрібно, їх оновлювання, комплектація інструментом, приладами, запасним обладнанням.

6. Аналіз роботи системи, оцінка техніко-економічних показників роботи технологічного об'єкта та системи.

7. Супровід програмного забезпечення.

Виявлення та виправлення помилок у програмному забезпеченні.

В зв'язку з можливими змінами в організації технологічного процесу, змінами технологічної інструкції, хімічного складу та розмірів сировини, розширенням номенклатури продукції, що виробляється, ремонтами та замінами обладнання об'єкту та ін. необхідно постійно вносити зміни в алгоритмічне та програмне забезпечення системи.

8. Проведення необхідних науково-дослідних робіт для налаштування діючих математичних моделей, алгоритмів управління.

9. Адміністрування бази даних.

10. Використання бази даних, програмного забезпечення та обчислювальних потужностей системи для налагодження технології, технологічного обладнання.

11. Побудови взаємозв'язків АСУТП з суміжними системами та з MES і ERP підприємства для злагодженої їх роботи.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-142>

## **AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE CRUSHING CIRCUIT OF A CRUSHING PLANT**

### **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТРАКТОМ ПОДРІБНЕННЯ ДРОБАРНОЇ ФАБРИКИ**

**Simkin O.I.,**

*PhD (Engineering), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Сімкін О.І.,**

*к.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Uzlov Y.V.,**

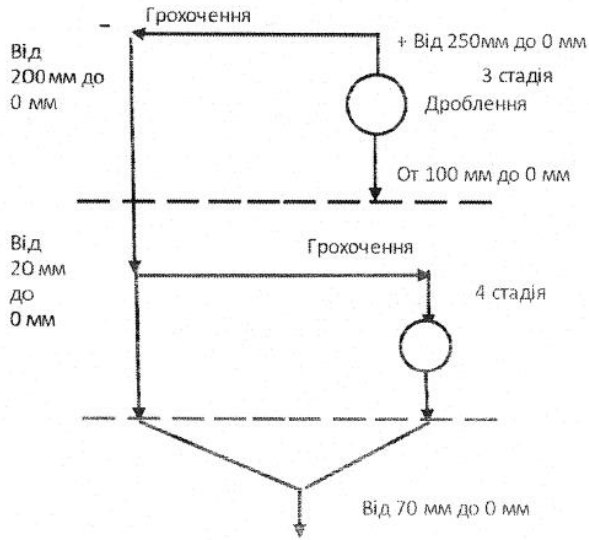
*Student (group 174-23-1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Узлов Ю.В.,**

*студент гр. 174-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Грохоченням називається процес розділення сипкої корисної копалини на класи крупності шляхом просівання через одне або декілька сит за допомогою спеціальних машин – грохотів. За допомогою цього процесу відокремлюються частини залізної руди на ті, які потребують додаткового подрібнення, та які вже подрібненні до потрібного класу крупності.

На одній дробарній фабриці України процес подрібнення включає одночасно декілька етапів – крупне, середнє та мілке подрібнення. Процес грохочення використовується перед середнім подрібненням та перед мілким подрібненням, яке показано на рис. 1



**Рис. 1. Процес подрібнення і грохочення**

Для грохочення перед 3-ю стадією використовується грохот ГТ-52, а перед 4-ю стадією подрібнення використовують грохот ГТ-51. Технологічний процес подрібнення та грохочення практично не автоматизований, сучасні технічні засоби автоматизації відсутні, застосовуються лише застарілі релейні схеми управління.

В рамках виконання магістерської роботи для підвищення ефективності та точності процесу розділення матеріалів за розміром авторами прийняте рішення розробити багаторівневу автоматизовану систему управління трактом подрібнення, структурна схема якої відображена на рис. 2.



**Рис. 2. Комплекс технічних засобів системи за рівнями**

Нижній рівень представлений датчиками рівня і вібрації, а також частотними перетворювачами, призначення яких – управління приводом грохоту: якщо рівень матеріалу менше заданого, необхідно збільшити амплітуду вібрацій, якщо матеріалу більше заданого, то треба зменшити амплітуду вібрацій. Для реалізації управління грохотами їх необхідно додатково оснастити датчиками рівня та вібрації.

На середньому рівні передбачається використання сучасних промислових контролерів, призначення яких – збір та обробка технологічної інформації, реалізації систем регулювання та управління HMI-панелями. Верхній рівень системи – це промисловий комп’ютер, який використовується як для реалізації робочого місця оператора-технолога, так і для інших цілей.

Введення в експлуатацію такої системи дасть можливість:

- підвищити продуктивність за рахунок оптимізації режимів роботи, зменшення простоїв та підвищення точності розділення;
- поліпшити якість продукції, забезпечити стабільність процесу та мінімізувати кількість недосівів та переливів;

– зменшити вплив людського фактору, що дозволить уникнути помилок оператора та забезпечити більш точне виконання технологічних режимів;

– знизити енергоспоживання за рахунок оптимального управління приводами та іншими механізмами.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-143>

## **CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES: INFRASTRUCTURE, TECHNOLOGIES, PROSPECTS**

### **ЗАРЯДНІ СТАНЦІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ: ІНФРАСТРУКТУРА, ТЕХНОЛОГІЇ, ПЕРСПЕКТИВИ**

**Snihovyi D.V.,**

*Student (group 141-23-1p),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Сніговий Д.В.,**

*студент гр. 141-23-1п,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Rukhlova N.Yu.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Рухлова Н.Ю.,**

*к.т.н., доцентка,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Останнім часом розвиток електромобільної індустрії значно прискорився. Транспортні засоби такого типу не лише скорочують викиди шкідливих речовин у повітря, але й забезпечують економічну вигоду для власників. Однак для повноцінного переходу на електромобілі необхідна розвинена інфраструктура зарядних станцій. Тому основним завданням у цьому напрямку є забезпечення зручності для користувачів, скорочення часу зарядки та інтеграція електромобільної інфраструктури в електроенергетичні системи міст та громад.

Згідно з прогнозами, кількість електромобілів у світі до 2030 року досягне понад 145 мільйонів одиниць. Це безпосередньо стимулює активний розвиток інфраструктури зарядних станцій. Європа, Китай та США очолюють цей процес завдяки державним програмам

субсидування та підтримки інвестицій. Україна також не відстає в цьому та активно розширює мережу зарядних станцій для електромобілів. За останні роки відзначається суттєве збільшення кількості таких станцій, що забезпечує водіям можливість заряджати свої транспортні засоби електроенергією. В Україні сформована розгалужена інфраструктура зарядних пунктів, розміщених у різних регіонах країни. Зарядні станції доступні не лише в великих містах, але й у менших населених пунктах, що значно полегшує використання електромобілів для їх власників.

Отже, електромобільна інфраструктура в Україні постійно розвивається у напрямку оптимального розташування зарядних станцій, яке є критичним для зручного використання електромобілів. Зарядні станції мають бути доступними не тільки в містах, але й на міжміських трасах, парковках супермаркетів, офісних комплексах та інших громадських місцях. Знайти зарядні станції та забезпечити свої авто електроенергією водіям допомагають мобільні додатки, такі як: PlugShare, GO TO-U, Electro UA, Google Maps, Зарядки Електромобілів, Chargemap [1].

Існує кілька основних типів зарядних станцій, що розрізняються за швидкістю зарядки:

- зарядні станції рівня 1 (Level 1) – це станції низької потужності (до 3,5 кВт), які підключаються до звичайних побутових розеток. Зарядка займає від 8 до 20 годин;
- зарядні станції рівня 2 (Level 2) – станції середньої потужності (до 22 кВт), які дозволяють зарядити електромобіль за 4-8 годин;
- швидкі зарядні станції (DC Fast Charging) – високопотужні станції (від 50 кВт і більше), що скорочують час зарядки до 30-60 хвилин.

Тип роз'єму – це ще один з важливих параметрів, який використовується на зарядних станціях. Найбільш поширеними на сьогоднішній час в Україні є стандарти роз'ємів типу CCS і CHAdeMO. Роз'єми типу CCS підтримують швидку зарядку, а роз'єми типу CHAdeMO – швидку та повільну зарядку. Також існують станції з роз'ємами типу Tesla Supercharger, які призначені для зарядки автомобілів Tesla [2].

Одним із основних напрямків розвитку інфраструктури зарядних станцій є постійне удосконалення технологій та систем зарядки. Основним технічним викликом є зниження часу зарядки. Сучасні дослідження зосереджені на розробці ультрашвидкісних зарядних станцій потужністю понад 150 кВт, які можуть заряджати батареї електромобілів до 80% за 15-20 хвилин.

Такі компанії, як Tesla, пропонують власні зарядні станції Supercharger, що працюють на потужності до 250 кВт. У Європі та США активно розвивається мережа зарядних станцій з потужністю до 350 кВт (наприклад, мережа IONITY), яка відповідає потребам новітніх електромобілів із великим запасом ходу [3].

Однією з перспективних технологій розвитку цієї сфери є проектування та впровадження зарядних станцій, що працюють на енергії відновлюваних джерел (сонячна або вітрова енергія). Сонячні панелі можуть бути інтегровані в конструкцію станцій для виробництва власної енергії. Такий підхід виявляється ще більш привабливим, враховуючи особливу актуальність на сьогодні в Україні питань реалізації політики енергозбереження та підвищення енергоефективності. Використання відновлюваних джерел енергії відіграє також важливу роль у створенні екологічно чистої інфраструктури.

З розвитком автономних транспортних засобів з'являються перспективи для автоматизованих зарядних станцій, які можуть самостійно заряджати електромобілі без участі водія. Бездротові зарядні системи (індукційна зарядка) дозволяють заряджати електромобіль без фізичного підключення до кабелю, але на сьогоднішній час ефективність і швидкість таких зарядних станцій все ще недостатня. Автоматизовані зарядні станції в поєднанні з бездротовою зарядкою можуть створити більш зручні умови для користувачів та знайти своє застосування в міських умовах.

Держава активно сприяє розвитку приватних і комерційних зарядних станцій, які розташовуються у житлових комплексах, парковках торговельних центрів, офісах, готелях та інших місцях загального користування. Наприклад, нещодавно українська компанія «EDS Ukraine» презентувала ультрашвидку зарядну станцію EDS-Q360 на провідній міжнародній виставці промислових технологій "MSV 2024" у Брно. Ця ультрашвидка зарядна станція EDS-Q360 має потужність 360 кВт постійного струму та дозволяє заряджати до 4 автомобілів одночасно, час заряду складає лише 30 хвилин. Станція має сучасний інтуїтивний інтерфейс та LED-індикацію, що роблять процес зарядки простим та зручним. Така зарядна станція, безумовно, має високі перспективи зайняти почесне місце в українській (та навіть європейській) інфраструктурі для електромобілів, оскільки вона є не лише технологічно передовою, компактною, але й енергоефективною та орієнтованою на майбутнє [4].

Як бачимо, одним з першочергових пріоритетних завдань є створення національної розвиненої мережі зарядних станцій, що буде

охоплювати основні магістралі, міста та населені пункти. Також однією з ключових перспектив розвитку інфраструктури зарядних станцій є вдосконалення їх функціональності. Наразі зарядні станції мають різні типи роз'ємів і потужностей, що може створювати незручності для власників електромобілів. Найкращим рішенням у цьому випадку є стандартизація та уніфікація зарядних станцій, що зробить їх більш зручними та доступними для всіх користувачів.

Отже, успіх вдосконалення електромобільної інфраструктури в Україні залежить від подальшого розвитку технологій, державної підтримки та інвестицій. Розширення мережі зарядних станцій, підвищення їх потужності та впровадження екологічно чистих технологій забезпечить стійкий розвиток автотранспортної системи та допоможе вирішити сучасні екологічні проблеми, сприяючи переходу до низьковуглецевої економіки.

### **Перелік використаних джерел**

1. Інфраструктура зарядних станцій для електромобілів в Україні. Режим доступу: <https://auto-zone.com.ua/infrastruktura-zaryadnix-stantsij-dlya-elektromobiliv-v-ukraini> (дата звернення 18.10.2024).
2. International Energy Agency. Global EV Outlook 2021. Paris: IEA, 2021.
3. Tesla Inc. Supercharger Network. Режим доступу: <https://Tesla.com> (дата звернення 18.10.2024).
4. EDS Ukraine презентувала ультрашвидку зарядну станцію EDS-Q360 на міжнародній виставці MSV 2024 у Брно. Режим доступу: <https://eds-engineering.com/novosti/eds-ukraine-prezentovala-ultrashvidku-zaryadnu-stanczyu-eds-q360-na-mzhnarodnj-vistavcz-msv-2024-u-brno> (дата звернення 19.10.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-144>

**MODERNIZATION OF THE CONTROL SYSTEM  
OF COAGULATION AND PELLET FIRING BY MEASURING  
THE MOISTURE CONTENT OF RAW PELLETS BEFORE  
THE FIRING PROCESS**

**МОДЕРНІЗАЦІЯ АСКТП ОГРУДКУВАННЯ ТА ВИПАЛУ  
ОКАТИШВ ШЛЯХОМ ВИМІРУ ВОЛОГОСТІ СИРИХ  
ОКАТИШВ ПЕРЕД ПРОЦЕСОМ ВИПАЛУ**

**Stebelko I.Ye.,**

*Student (group 174–23–1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Стебелько І.Є.,**

*студент гр. 174–23–1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Koifman O.O.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Койфман О.О.,**

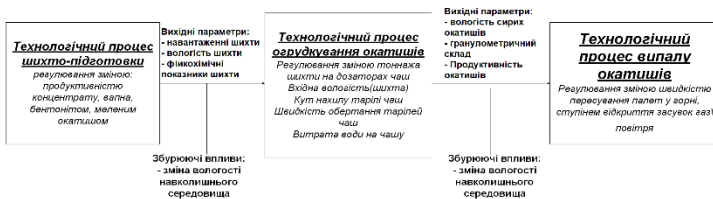
*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Технологічний процес формування та випалу окатишів є однією з ключових технологічних складових гірничо–збагачувального комбінату. Автоматизація даного процесу грає важливу роль в виготовленні окатиша необхідної крупності з якісними показниками, які зазначенні в технологічній карті. Формування та випал окатишів на випалювальних машинах типу ОК або Lurgi складається з трьох технологічних етапів: шихто–підготовка, огрудкування, та сам процес випалу у випалювальній машині.

Пропозиції щодо модернізації процесів шихто–підготовки та огрудкування детально описані в роботі [1]: пропонується в наявну автоматизованого систему керування (АСК) інтегрувати вимір вологості в залізородному концентраті та шихті, які необхідні для виготовлення окатишів, та замінити візуальний контроль за процесом огрудкування, який здійснює машиніст огрудковувача, на застосування засобів інтелектуального бачення з подальшою обробкою і передачею аналітичної інформації поточного гранулометричного складу на НМІ–екран SCADA. Поточний контроль вологості матеріалу для

виготовлення окатишів і крупність їх гранулометричного складу надає можливість реагувати та впливати на якість виготовлення окатишів з урахуванням динаміки зміни параметрів шихтового матеріалу та сирих окатишів: кількість подачі бентоніту та меленого окатиша на дозаторах для підтримання заданої вологості 9,6–9,8% для послідуного процесу огрудкування; вологість частиною завдання для контролеру шихтопідготовки, який буде формувати керуючий вплив на дозатори. Гранулометричний склад є завданням для контролеру ділянки огрудкування, який формує керуючий вплив на електроприводи механізмів: обертання чаш, кута нахилу та витрати зрошувальної води, дозаторів подачі матеріалу. Також на витрату зрошувальної води буде впливати значення вологості вхідної шихти на огрудкуванні. Дана модернізація АСК надасть можливість впливати на якість виготовлення окатишів з урахуванням динаміки зміни параметрів шихтового матеріалу та сирих окатишів.

Подальшим розвитком запропонованих модернізацій двох технологічних процесів є інтеграція аналізатора вологості сирого сформованого окатиша, як додаткового параметру для АСКТП процесу випалу окатишів. Взаємозв'язок технологічних процесів зображено на рис. 1.



**Рис. 1. Взаємозв'язок технологічних етапів (ділянок) у процесі виготовлення окатишу**

Контроль вологості сирого окатишу після огрудкування надасть можливість у технологічному процесі випалу додатково впливати на можливу збільшену вологість, яка не була остаточно зменшена в попередніх технологічних етапах. У випалювальній машині типу ОК або Лургі, якщо на вході збільшена вологість сирого сформованого окатишу >9,6–9,8%, є сенс в зоні сушки I та II збільшити час перебування сирого окатишу шляхом зменшення швидкості пересування палет (діапазон швидкості 0–5 м/хв) у горні випалювальної

машини з паралельним процесом збільшення температури в зоні сушки I та II випалювальної машини.

Впровадження контролю вологості вже сформованого сирого окатишу перед процесом випалу з подальшим впливом – додатковій сушці окатишу у випалювальній машині мінімізує його руйнування у горні внаслідок дії високих температур (до 1400 °С). Що є засобом для остаточного покращення якісних показників сирого окатишу вже на етапі випалу.

### **Перелік використаних джерел**

1. Стебелько І.Є., Койфман О.О., Бондар О.В., Король В.М., Модернізація АСКТП дозування й огрудкування на випалювальних машинах з урахуванням вологості концентрату і шихти та гранулометрії сирих окатишів, Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки, № 2, 2024, С 77 – 85, DOI <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2024-2-12>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-145>

## **RESEARCH OF THE CONTROL SYSTEM OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE LIFT MECHANISM OF THE BRIDGE CRANE BEAM**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ МОСТОВОЇ КРАН-БАЛКИ**

**Subotin O.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Суботін О.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Minayenko O.G.,**

*Student (group 174-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Мінаєнко О.Г.,**

*студент гр. 174-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Переміщення заготовок з листового прокату в автоматичному режимі досягти досить складно. Основними засобами захоплення листового

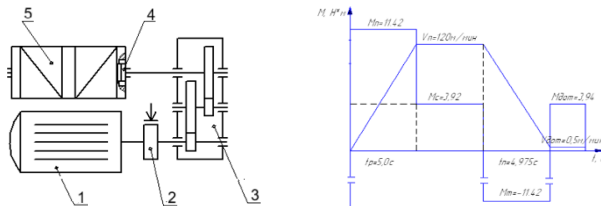
прокату на підприємствах служать мостові крани, обладнані траверсами із захватами, канатними стропами. Однак при переміщенні тонкого листового прокату ці засоби неприпустимі у зв'язку з великою ймовірністю деформації країв, що неприйнятно при подальшому виробництві.

Пошуки обладнання, що забезпечує максимально якісне переміщення металу територією цеху, зручність обслуговування та високу продуктивність призвели до створення різних систем захоплення листового металу. Найбільшого поширення набули системи з кран-балками, що перекладають листи поштучно, обладнаними вакуумними засобами захоплення. Вони дозволяють акуратно переносити листовий прокат малих товщин, економити час, звільнити значну кількість допоміжних робітників. А наявність додаткових захватних пристроїв (грейферу, штабелеру, магніту тощо) дозволяє ще збільшити продуктивність виробництва.

Кран-балка – це простий, недорогий та ефективний тип техніки для підйому вантажів. Управління може бути ручним (з пульта оператора в кабіні кран-балки або підвісного пульта), дистанційним за допомогою WiFi або радіоканалу з підлоги або автоматичним з керуванням за допомогою контролера (часто використовують модулі фірми Siemens).

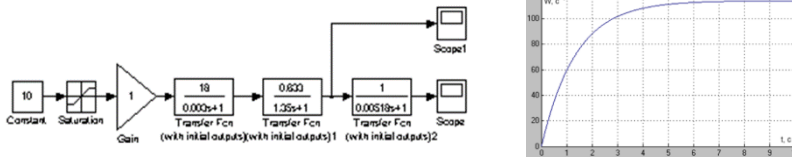
Рухома металева конструкція з розташованою на ній підйомної лебідкою є основними елементами підйомного крана. Механізм підйомної лебідки приводиться в дію електричним двигуном. На рис.1 наведений механізм підйому кран-балки та його типова навантажувальна діаграма.

Дослідження системи керування кран-балкою та проведені розрахунки дозволили скласти імітаційну модель механізму підйому та запропонувати структуру системи керування електроприводом [1].



**Рис. 1. Механізм підйому кран-балки з навантажувальною діаграмою: 1 – електродвигун; 2 – швидкохідна муфта з гальмом; 3 – редуктор; 4 – тихохідна муфта; 5 – барабан**

На рис.2 представлено імітаційну модель механізму підйому мостової кран-балки та результати моделювання пускового режиму у вигляді діаграми швидкості двигуна.



**Рис.2. Імітаційна модель механізму підйому мостової кран-балки й результати моделювання пускового режиму**

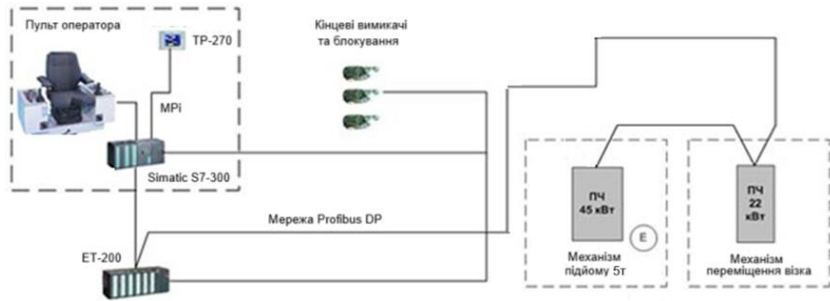
Моделювання процесу пуску двигуна механізму підйому кран-балки доводить адекватність запропонованої моделі електроприводу та коректність розрахунків й вибору складових системи керування електроприводом механізму підйому мостової кран-балки.

Система кранового електроприводу проектується із застосуванням частотних перетворювачів. Система управління призначена для пуску, гальмування, реверсування, і зміни швидкості обертання електродвигунів кранових механізмів з короткозамкненим ротором шляхом зміни частоти напруги статора. Такі системи забезпечують плавність і точність заданих характеристик розгону і гальмування, дозволяють значно скоротити витрати електроенергії, в тому числі за рахунок рекуперації [2].

Структурна схема запропонованої системи керування електроприводом приведена на рис. 3. Управління приводом здійснюється по мережі Profibus-DP від програмованого логічного контролера (ПЛК) Siemens серії Simatic S7-300. ПЛК аналізує логічні сигнали від електрообладнання кран-балки і враховує їх в процесі роботи таким чином, щоб виключити некоректну роботу оператора крана, коли це може привести до виходу обладнання з ладу, заподіяти шкоду або суперечить правилам техніки безпеки.

Вибір ПЛК здійснюється з категорії складності автоматизованої системи і завдань автоматизації. Виходячи з вимог для системи управління, кількості вхідних і вихідних сигналів, можливостей забезпечення блокування і захисту мікропроцесорний модуль SIMATIC S7-300 повинен бути, сформований: процесором CPU 313, модулями введення, виведення дискретних і аналогових сигналів.

Процесор CPU 313 – це дешевий центральний процесор з розширеним обсягом пам'яті програм, здатний виконувати швидкісну обробку інформації.



**Рис. 3. Схема структурна системи керування електроприводом кран-балки**

В якості зворотного зв'язку по швидкості використовується код з вимірювального перетворювача швидкості (енкодера), еквівалентний фактичній частоті обертання. Для підключення енкодера швидкості застосовується модуль енкодера 6SE6400-0EN00-0AA0.

Запропонована система управління дозволяє повністю реалізувати алгоритм регулювання швидкості механізму підйому кран-балки.

### **Перелік використаних джерел**

1. Новіков Д.С., Суботін О.В. Програмно-апаратний комплекс для інтелектуального управління електродвигуном // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. Черкаси, 2024. 234-236 с.

2. Комп'ютерне моделювання електромеханічних систем: навчальний посібник [для студентів електромеханічних спеціальностей] / [С.В. Подлесний, О.І. Шеремет, О.А. Костіков, О.Ю. Єрфорт, О.В. Суботін, О.М. Стаднік]. Краматорськ: ДДМА, 2021. 223с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-146>

**FEATURES OF WIRELESS CONTROL  
OF INDUSTRIAL EQUIPMENT ON THE BACKGROUND  
OF MANUFACTURING PLANTS**

**ОСОБЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ  
ОБЛАДНАННЯМ БЕЗДРОТОВИМ СПОСОБОМ НА ФОНІ  
ВИРОБНИЧИХ ЗАВАД**

**Subotin O.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Суботін О.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Petrukhin Ya.I.,**

*PhD student, Donbas State  
Engineering Academy,  
Ternopil-Kramatorsk, Ukraine*

**Петрухін Я.І.,**

*аспірант, Донбаська державна  
машинобудівна академія,  
м. Тернопіль-Краматорськ, Україна*

**Sergienko V.Yu.,**

*Student (group 174-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Сергієнко В.Ю.,**

*студент гр. 174-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Задача розробки пристрою зв'язку з об'єктом (ПЗО), який не є стаціонарним, передбачає використання лінії дистанційного зв'язку. Виходячи з цього головними параметрами при виборі способу передачі інформації є рухливість об'єкту, умови праці пристрою (велика запиленість, високі температури, вібрації, електромагнітні завади тощо) та максимальна відстань на яку необхідно передавати дані. З огляду на ці вимоги обираються варіанти побудови ПЗО [1].

Аналіз доводить, що використання існуючих ПЗО не можливо, так як жоден з них не підходить за зазначеними технічними чи раціонально-економічними умовами.

Отже, проблема надійної і безперебійної роботи каналу передачі інформації тісно зв'язана з існуванням ненавмисних (паразитних) електромагнітних зв'язків і завад, наявність яких погіршує ефективність його роботи [2].

Зроблено аналіз завад, діючих на розроблюваний ПЗО в умовах виробництва [3].

По статичних властивостях завади розподіляють на синусоїдальні, флукуаційні, імпульсні та квазіімпульсні. Експериментальна статистика свідчить, що велика група індустріальних заводів може бути віднесена до заводів імпульсного типу.

По характеру впливу розрізняють адитивні і мультиплікативні завади. Завади, що діють на лінії зв'язку на підприємствах промисловості мають адитивний характер.

Оскільки досліджувана лінія зв'язку функціонує у виробничих умовах, то основний вплив на неї роблять індустріальні радіо завади (ІРЗ), під якими розуміють електромагнітні завади в діапазоні радіочастот, створювані електричними й електромагнітними пристроями, використовуваними у виробничих процесах і взагалі на всьому підприємстві. Незважаючи на меншу потужність на радіочастотах у порівнянні з радіостанціями, ІРЗ у значній мірі визначають електромагнітну обстановку (ЕМО) і їхнє усунення є однією з основних задач у забезпеченні нормальних умов роботи радіоелектронних засобів (РЕЗ).

Джерела індустріальних заводів поділяються на ті, що генерують відносно регулярні високочастотні коливання, а також ті, що створюють паразитні електромагнітні коливання із суцільним спектром. Останні роблять істотний вплив на лінію зв'язку, а перші нівелюються кодуванням сигналів [4].

Отже попередня обробка сигналів здійснює захист процесу передачі інформації від високочастотних сигналів, а апаратні засоби мережі не є сприйнятливими до них через слабку потужність цього виду заводів [5].

Прогрес останнього років в області підвищення пропускної здатності каналів у помітній мірі зв'язаний з розвитком технології передачі цифрових даних. Тут потрібно вирішити проблеми синхронізації, ефективного кодування і надійної передачі. Ніж ширше імпульс, тим більшу енергію він несе, тим краще відношення сигнал/шум, але це знижує граничну швидкість передачі.

Встановлено, що переважно в ПЗО використовувати ультракороткі радіохвилі, для яких характерною заводою є випадкова похибка типу “білого шуму” [1,3]. Спектральна щільність потужності такої завади (енергетичний спектр) в смузі пропускання приймача можна вважати сталою, яка дорівнює:

$$N_0 = kT_e,$$

де  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$  – стала Больцмана;  $T_e$  – еквівалентна шумова температура по шкалі Кельвіна, обумовлена усіма джерелами заводів.

Частотні діапазони зовнішніх електромагнітних заводів, встановлених експериментально показала, що найбільш інтенсивна завода зосереджена в діапазоні 30...60 Гц, а частота середовища досягає

100...300 Гц. Таким чином, радіо завада – це низькочастотна вузько смугаста завада.

Усі реальні канали зв'язку піддаються впливові завад, що можуть привести до перекручування переданих по каналі зв'язку сигналів і, як наслідок, до часткового (або навіть повної) втрати зв'язаної з ними інформації [3,5]. З цієї причини пошук методів підвищення надійності передачі є однією з найважливіших задач теорії зв'язку. Вона може бути вирішена за рахунок використання наступних підходів: радіотехнічного; організаційного та математичного. У першому випадку – це використання каналів (ліній) зв'язку з захистом від завад, вибір раціональних значень рівнів сигналів, частот передачі тощо. Другий – створення структурної надмірності ліній зв'язку за рахунок використання декількох рівнобіжних каналів передачі однієї і тієї ж інформації або каналів зі зворотним зв'язком. В дійсний час найбільш перспективним є математичне рішення завадостійкості, наприклад, використання завадостійкого кодування.

У зв'язку з цим при дослідженні поширення радіохвиль виникають наступні основні задачі:

- розрахунок енергетичних параметрів радіолінії: вибір потужності передавального пристрою або визначення потужності сигналу на вході прийомного пристрою; визначення оптимальної робочої хвилі при заданих умовах поширення; визначення оптимальних швидкості і напрямку передавання сигналу;

- вивчення можливих перекручувань переданого сигналу і розробка заходів для їхнього усунення.

Умови поширення радіохвиль по природних трасах визначаються багатьма факторами, так що повний їхній аналіз виявляється занадто складним. Тому в кожному конкретному випадку будують модель траси поширення радіохвиль, виділяючи ті фактори, що роблять основний вплив.

### **Перелік використаних джерел**

1. Суботін О.В. Інформаційне забезпечення систем управління прокатних станів // International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education”: conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 2. Pp. 68 – 71.

2. Засоби вимірювання в автоматичних та керуючих системах: підручник для студентів вузів, які навчаються за спец. «Автоматизація технологічних процесів і виробництв» / П.М. Таланчук та ін. Київ: Райдуга, 1994. 672 с.

3. Суботін О.В. Підвищення достовірності контролю технологічних параметрів і швидкодії інформаційно-вимірювальних систем прокатних станів: дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: 05.11.16. Донецьк, 2000. 216 с.

4. Алгоритми та засоби обробки сигналів: навч. посібн. / Ваврук Є., Лашко О., Попович Р. – Львів : СПОЛОМ, 2021. – 240 с.

5. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики: навч. посібник / уклад.: Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-147>

## REDUCTION OF DOWNTIME OF HEATING MACHINES DUE TO FAILURE OF HEATING CARRIAGE WHEELS

## ЗМЕНШЕННЯ ПРОСТОЮ ОПАЛЮВАЛЬНИХ МАШИН ПО ВИХОДУ З ЛАДУ КОЛІС ОПАЛЮВАЛЬНИХ ВІЗКІВ

**Sukhorukov S.M.,**  
*Master's degree student,*  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine

**Сухоруков С.М.,**  
*здобувач вищої освіти*  
*магістерського рівня,*  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна

**Bundza O.Z.,**  
*PhD (Engineering),*  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine

**Бундза О.З.,**  
*к.т.н., доцент,*  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна

**Holotiuk M.V.,**  
*PhD (Engineering),*  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine

**Голотюк М.В.,**  
*к.т.н., доцент,*  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна

Робота опалювальної машини Lurgi-552 є кінцевим етапом безперервного виробництва продукції підприємства. Мінімізація

простоїв є важливим фактором зниження втрат на виробництві. Одним з факторів, що впливають на простої, є зупинки на заміну опалювальних візків (біля 15 хвилин на одну заміну), що приводить до перевитрат природнього газу, електроенергії, втрат об'ємів виробництва, порушення технології виробництва. Звичайні причини заміни візка, це несправність підшипникових вузлів коліс (раз в пів року або частіше), часткова заміна верхніх бортиків та колосникового поля (раз на рік). При кількості опалювальних візків 208 одиниць на одній машині, це 1-2 простою на добу. Збільшення напрацювання на відмову підшипникових вузлів як мінімум в двічі дозволить підвищити періодичність заміни візка до року та вдвічі зменшити простої з цих причин. Також це дозволить зменшити витрати на ремонті підшипникових вузлів.

Враховуючи жорсткі умови експлуатації, досягнути збільшення напрацювання на відмову підшипникових вузлів можливо регулярним їх мащенням з меншими інтервалами із застосуванням засобів автоматизації.

Для досягнення цього та зменшення періоду простою [1, 2, 3], пропонується запровадити автоматизовану систему мащення підшипникових вузлів візків.

Система включає наступні підсистеми:

- підсистема контролю числа проходів візків;
- підсистема мащення;
- підсистема керування та координації рухів змащувального маніпулятора;
- підсистема контролю та збору даних.

Послідовність роботи наступна. Після 15..20-го проходів візків, що контролюється підсистемою контролю числа проходів візків, у автоматизованому режимі проводять мащення підшипникових вузлів за допомогою підсистем мащення, керування та координації рухів змащувального маніпулятора, які забезпечують почергову подачу мастила до точок мащення.

Інформація про виконані операції фіксується, обробляється, зберігається та накопичується підсистемою контролю та збору даних з можливістю її подальшого експорту. Усі операції по мащенню підшипникових вузлів мають бути узгоджені з технологічним процесом роботи машини і не перешкоджати йому.

Отже, час на простої машини може бути зменшено, що дозволить підвищити зокрема надійність її роботи.

### Перелік використаних джерел

1. Голотюк М.В. Підвищення ефективності технічного обслуговування машин / Голотюк М. В., Налобіна О.О., Бундза О.З., Тхорук Є.І., Дорошук В. О. *Вісник НУВГП, серія: Технічні науки*. Рівне: НУВГП, 2022. Вип. 3(99). С. 118–127.
2. Dli M. I., Vlasova E. A., Sokolov A. M., Morgunova E. V. Creation of a chemical-technological system digital twin using the Python language // *Journal of Applied Informatics*. 2021. Vol. 16, No. 1. P. 22–31.
3. Автоматизація виробничих процесів: підручник / В.П. Хорольський, Ю.М. Коренець. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2022. 375 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-148>

## APPLICATION OF INDUSTRIAL ROBOTS IN METALLURGY

## ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ У МЕТАЛУРГІЇ

**Tinina M.R.,**

*Teacher of the 1<sup>st</sup> category,  
Kharkiv automobile-and-road applied  
college, Kharkiv, Ukraine*

**Тініна М.Р.,**

*викладач першої категорії,  
Харківський автомобільно-дорожній  
фаховий коледж, м. Харків, Україна*

**Suprun Ya.V.,**

*Student (group 21-M),  
Kharkiv automobile-and-road applied  
college, Kharkiv, Ukraine*

**Супрун Я.В.,**

*студент групи 21-М, Харківський  
автомобільно-дорожній фаховий  
коледж, м. Харків, Україна*

Металургійні підприємства відкривають перед промисловими роботами великі перспективи. Роботи відіграють важливу роль у металургійному процесі, здійснюючи різні маніпуляції з металами. Технологічний комплекс, оснащений роботами, дозволяє автоматизувати складні процеси та скоротити людське навантаження.

Металургія часто пов'язана з високими температурами та агресивним середовищем, яке може бути небезпечним для людей. Роботи, на відміну від людей, можуть безпечно працювати у таких умовах, забезпечуючи безперервність виробничого процесу.

Роботи здатні виконувати завдання з високою точністю та повторюваністю. Це особливо важливо під час виконання операцій з подачі металу в піч, переміщення заготовок та сортування готової продукції, де потрібна висока точність позиціонування.

У чорній та кольоровій металургії часто потрібна маніпуляція з важкими металевими заготовками та виробами. Роботи мають достатню силу і вантажопідйомність для ефективного переміщення та обробки таких завантажень, що знижує навантаження на працівників.

Розглянемо одну з операцій, що найчастіше зустрічаються практично на всіх металургійних заводах – палетування чушок готової продукції. Якщо цю операцію виконувати вручну, потрібно не менше 10-12 осіб за зміну на одну лінію. При цьому працюватимуть вони у небезпечних для здоров'я умовах. Правильно організована конвеєрна лінія та промисловий робот можуть замінити їх усіх.

Промислові роботи в металургії можуть використовуватися для відбору проб рідкої сталі з конвертера, вимірювання температури, рівня металу в конвертері, а також затримки шлаку при випуску плавки. Промислові роботи-маніпулятори можуть широко застосовуватися для маркування відлитих заготовок, випуску металу з печі, викачуванні шлаку.

При цьому на ряду операцій можливе застосування звичайних промислових роботів з відповідним класом захисту, наприклад, в операціях палетування та маркування, в інших операціях, зокрема при розливанні розплавленого металу застосовуються спеціалізовані роботи. Найчастіше такі роботи мають дублюючі системи управління: для автоматичної роботи та для дистанційного управління оператором з пульта управління. Застосування роботів під час розливання металу підвищує швидкість цього процесу в середньому в 2-3 рази.

Робототехніка може бути інтегрована з іншими автоматичними системами та технологіями. Наприклад, вони можуть бути пов'язані з системами контролю та управління процесами, що забезпечує синхронізацію та координацію роботи всього технологічного комплексу.

Автоматизація роботами дозволяє скоротити кількість відходів та підвищити ефективність використання матеріалів. Роботи можуть виконувати точні та контрольовані операції, мінімізуючи втрати та оптимізуючи використання металевих матеріалів.

Робототехніка може застосовуватися при проведенні технічного обслуговування, заміні деталей, перевірці та налаштуванні обладнання, що сприяє покращенню його надійності та тривалості роботи.

Вони можуть збирати та аналізувати дані, контролювати параметри процесів та приймати рішення на основі заданих алгоритмів та параметрів.

Автоматизація дозволяє значно скоротити витрати на робочу силу та мінімізувати ризик помилок, що особливо важливо у такій галузі як металургія. Вона підвищує продуктивність, якість та надійність процесів виробництва. Використання роботів у металургійній промисловості стає дедалі більш поширеним.

Компанії, що працюють у сфері металургії, активно впроваджують робототехніку для підвищення ефективності та конкурентоспроможності свого виробництва. Роботизація процесів у металургії ведеться як великими підприємствами, так і малими компаніями, які прагнуть оптимізувати свою діяльність.

Впровадження автоматизації та роботизації у цій галузі дозволяє покращити технологічні процеси, підвищити ефективність та знизити витрати, роблячи металургійні підприємства більш конкурентоспроможними на ринку.

Безумовно, роботи у металургії не тільки можуть, а й мають замінювати людей.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-149>

## STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE METAL TRADING ORGANIZATION

### МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ КОКСОВИХ МАШИН

**Tkachenko O.Yu.,**

*Student (group 133-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Ткаченко О.Ю.,**

*студент гр. 133-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Holotiuk M.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Голотюк М.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Nalobina O.O.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Налобіна О.О.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Система позиціонування коксових машин відіграє важливу роль у забезпеченні точності та ефективності виробничого процесу на коксових батареях. Позиціонування коксових машин повинно бути надзвичайно точним, оскільки навіть мінімальні відхилення можуть призвести до

порушення процесу завантаження та вивантаження коксу, що негативно впливає на якість кінцевого продукту та загальну ефективність роботи підприємства. Метою дослідження є створення моделі, яка б забезпечувала підвищену точність позиціонування коксових машин, покращуючи тим самим економічну доцільність та стабільність виробництва.

На сьогодні в промисловості застосовуються різноманітні технології позиціонування, серед яких:

– GPS-позиціонування – використовується у відкритих просторах, але є малоєфективним у закритих приміщеннях, таких як коксові батареї.

– Лазерні датчики – забезпечують високу точність, однак вимагають регулярного калібрування та обслуговування через вплив агресивного середовища.

– Оптичні сенсори – застосовуються для виявлення точного положення за допомогою зображення, але їх точність знижується при забрудненні.

Комбіноване використання лазерних та оптичних сенсорів дозволяє досягти більшої точності та надійності, що є актуальним для коксових машин, працюючих в екстремальних умовах.

Розробка моделі системи позиціонування коксових машин почалася з визначення основних факторів, що впливають на точність і стабільність позиціонування. У ході дослідження було враховано специфіку виробничого середовища, зокрема, вплив високих температур, пилу та вібрацій на датчики й приводи. Метою моделювання було підтвердження ефективності запропонованої системи у різних умовах експлуатації [1, 2, 3].

Моделювання складалося з таких основних етапів:

1. **Формалізація завдання:** Перший етап включав розробку математичної моделі, що описує динаміку руху коксових машин, зокрема їх траєкторію, швидкість і прискорення.

2. **Вибір моделі сенсорів:** На основі аналізу доступних технологій було вирішено використовувати комбінацію лазерних та оптичних датчиків. Лазерні сенсори забезпечують високу точність вимірювань на невеликих відстанях, тоді як оптичні датчики доповнюють систему у випадках пошкодження лазерних сенсорів.

3. **Налаштування зворотного зв'язку:** Використання зворотного зв'язку для корекції траєкторії машини стало важливим елементом моделювання, оскільки дозволило компенсувати відхилення, що виникають через зношення механізмів і зміну навколишніх умов.

4. **Створення програмної моделі:** Модель була реалізована в середовищі, що дало можливість імітувати різні режими роботи системи, варіації зовнішніх впливів та оцінювати ефективність зворотного зв'язку і точність позиціонування.

Основні параметри, що впливали на результати моделювання, включають:

– **Початкове положення машини:** Вибір стартової позиції коксової машини відносно коксової батареї.

– **Швидкість і прискорення:** Вони моделювалися відповідно до виробничих вимог для забезпечення швидкості, але без втрати точності.

– **Параметри зворотного зв'язку:** Параметри налаштовувалися таким чином, щоб система реагувала миттєво на відхилення і повертала машину до заданої траєкторії.

Розроблена модель системи позиціонування коксових машин продемонструвала високу ефективність та точність. Запропоновані методи можуть бути впроваджені на підприємствах для автоматизації та покращення контролю над позиціонуванням обладнання, що дозволить знизити витрати на обслуговування і підвищити ефективність роботи. **Подальші напрями досліджень** включають розробку інтелектуальних систем адаптивного керування на основі штучного інтелекту, що дозволить ще більше підвищити надійність і точність системи в умовах змінних параметрів навколишнього середовища.

#### **Перелік використаних джерел**

1. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В.Л. Дикань, Ю.С.Калабухін, Н.С. Каличева та ін., за заг. ред. В.Л. Диканя. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.

2. Мехатроніка: підручник / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, В.В.Крушельницький. К.: ЦП „Компрінт”, 2020. 404 с..

3. Автоматизація виробничих процесів: підручник / В.П. Хорольський, Ю.М. Коренець. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2022. 375 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-150>

## FEED DRIVE MODEL OF THE ROLLER BIT DRILL

### МОДЕЛЬ ПРИВОДУ ПОДАЧІ ВЕРСТАТА ШАРОШКОВОГО БУРІННЯ

**Khilov V.S.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Хілов В.С.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

В об'єкт управління приводу подачі потрапляє перетворювач частоти, асинхронний двигун із системою авторегулювання, гідронасос, гідродвигун, канатно-поліспасна система [1]. Новим конструктивним ланкою в приводі подачі є гідронасос з гідродвигуном і привід системи перетворювач частоти– асинхронний двигун. Якщо передавальні функції електроприводу досить добре розроблені, то передавальна функція гідроприводу у формі необхідної для побудови системи управління у відомій літературі не наводиться [2, 3, 4].

Отримаємо математичну модель гідроприводу подачі у вигляді передавальної функції, якою можна синтезувати систему автоматичного управління приводом подачі ставу.

Робота гідронасосу та гідродвигуна характеризується взаємним впливом через пружні властивості гідравлічної олії, що циркулює у замкнутому трубопроводі. Тому при математичному описі слід розглядати роботу гідронасосу разом із гідродвигуном.

Вхідними змінними об'єкта управління, що розглядається, є частота обертання валу гідронасосу і його момент опору обертанню електроприводом. Вихідні змінні – момент, що крутить, на валу гідромотора і частота обертання його валу [5, 6].

Математичне опис отримаємо при таких припущеннях [7]:

а) масу масла, що циркулює в гідросистемі, не враховуємо через її незначну величину порівняно з іншими масами;

б) зміною в'язкості олії від температури нехтуємо, тобто вважаємо процеси ізотермічними;

в) витікання олії з гідросистеми пропорційне тиску в трубопроводах;

г) стиснення масла прямо пропорційна обсягу трубопроводу подачі і обернено пропорційна модулю об'ємної пружності масла.

Передатна функція гідросистеми ґрунтується на базі двох фундаментальних співвідношень: балансів витрати олії та моментів на валу гідродвигуна.

Структурно гідросистема представлена двома інтегруючими ланками охопленими двома негативними зворотними зв'язками: внутрішньою, яка враховує витрати витрати олії в гідросистемі за рахунок витоків та зовнішньої, яка враховує витрату олії при обертанні валу гідродвигуна. Результуючий витрата, що визначається як різницю між подачею гідронасоса та сумарною витратою на обертання гідродвигуна та витоків, визначає величини стиснення олії у трубопроводі подачі. Крутний момент гідродвигуна пропорційний витраті на стиснення масла і обернено пропорційний об'єму гідросистеми, об'ємному модулю пружності і літражу гідродвигуна. Різниця між крутним і статичним моментами прикладається до частин двигуна, що обертається, що призводить до його розгону, якщо ця різниця позитивна, і гальмування – в іншому випадку.

У структурній схемі міститься два накопичувачі енергії, обумовлені наявністю механічної інерції частин двигуна, що обертаються, і пружними властивостями масла в гідросистемі. Наявність двох інерційностей, охоплених загальним негативним зворотним зв'язком, призводить до неоднозначності перехідних процесів у гідросистемі. Конкретний вид перехідного процесу залежить від конструктивних параметрів гідросистеми, який можна оцінити за отриманою структурною схемою. Для цього знайдемо передатну функцію всієї системи управління.

Таким чином, отримана математична модель відображає всі суттєві властивості гідросистеми та дозволяє визначати її динамічні та статичні режими роботи. Статична передатна функція знаходиться з динамічної (4) шляхом підстановки значення  $p=0$ . Структурна схема дозволяє оцінити вплив на динамічні властивості конструктивних параметрів гідросистеми і в разі необхідності зменшити коливність гідросистеми в загальному приводі подачі, так як в іншому випадку для забезпечення стійкості всієї системи управління необхідно зменшувати її швидкодію, що негативно позначиться як регулювання. Як впливає зі знайденого співвідношення (5) надмірну коливність гідросистеми можна усунути застосуванням гідравлічного масла з підвищеним об'ємним модулем пружності або зменшенням об'єму гідросистеми шляхом зменшення довжини трубопроводів між гідронасосом і гідродвигуном.

### Перелік використаних джерел

1. Multiphysics Simulation by Design for Electrical Machines, Power Electronics and Drives: <https://read.kortext.com/inventory/search/1014396>
2. Power Electronics and Motor Drive Systems: <https://read.kortext.com/inventory/search/139529>
3. Dynamics and Control of Electrical Drives: <https://read.kortext.com/inventory/search/1615915>

4. Multiphysics Simulation by Design for Electrical Machines, Power Electronics and Drives: <https://read.kortext.com/inventory/search/1014396>

5. Power Electronics and Motor Drive Systems: <https://read.kortext.com/inventory/search/139529>

6. Dynamics and Control of Electrical Drives: <https://read.kortext.com/inventory/search/1615915>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-151>

## **MODERNIZATION OF THE CONTROL SYSTEMS OF THE BRIDGE CRANE OF THE MARTENIV WORKSHOP**

### **МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МОСТОВОГО КРАНА МАРТЕНІВСЬКОГО ЦЕХУ**

**Tsybmal B.M.,**

*DSc (Public Administration),  
Associate Professor,*

*LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic", Zaporizhzhia,  
Ukraine ; National University  
of Civil Protection of Ukraine,  
Kharkiv, Ukraine*

**Цимбал Б.М.,**

*д.держ.упр., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна;  
Національний університет  
цивільного захисту України,  
м. Харків, Україна*

**Arkhipov I.I.,**

*Student (group 13-22-2m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Архіпов І.І.**

*студент (гр. 133-23-1м),  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Виробниче середовище, таке як висока температура та шум, хаотичні робочі положення мостового крана мартенівського цеху металургійного заводу, а також людські помилки через безперервну роботу можуть призводити до нещасних випадків та/або аварій. Крім того, позиції кранів є хаотичними та складними в обслуговуванні, що також створює значні проблеми для організаційного управління [1].

Для таких простих та повторюваних операцій необхідно реалізувати віддалений контроль за допомогою модернізації, та звільнити персонал

від жорстких умов, і в той же час сприяти централізованому та єдиному управлінню, що може оптимізувати кадрову структуру [2, 3].

Вся система дистанційного керування краном мартенівського цеху може складатися з трьох частин: система дистанційного керування (включаючи відеоспостереження, джойстик керування тощо), мережа 5G та кран (включаючи обладнання 5G, PLC, камеру високої чіткості тощо). Завдяки модернізації електромеханічної технології та розгортанню обладнання 5G на стороні крана зв'язок між краном та системою дистанційного керування відкривається за допомогою мережі 5G, щоб оператор міг виконувати різні завдання через кран у комфортному приміщенні. Домогтися переходу від «синіх комірців» до «білих комірців». Крім того, кілька камер високої чіткості на крані забезпечують оператору круговий огляд, забезпечуючи точність та продуктивність дистанційного керування краном у реальному часі.

На основі збереження оригінальної роботи підземного пульта дистанційного керування додається автоматична система роботи дистанційного керування. Оригінальна робота підземного пульта дистанційного керування використовується як аварійна, а оператор крану діє в аварійній ситуації відповідно до оригінального методу роботи. Оператору потрібно лише просто керувати інтерфейсом операційної системи.

Вирішення перешкод декількох кранів, з функцією автоматичного уникнення перешкод. Обладнання з вибраною системою, підходить для середовища промислового майданчика, з високими антиелектромагнітними перешкодами, пилонепроникними та водонепроникними характеристиками та 365\*24 годинами безперервної роботи, щоб задовольнити його використання в умовах мартенівського цеху. Система керування має функції запобігання небезпеки, самоблокування та дистанційному контролю. Система дистанційного керування краном відповідає потребам операцій керування та позиціонування в режимі реального часу під співпрацею людини та машини та повністю враховує візуальний комфорт та комфорт експлуатації, дозволяючи оператору виконувати різні операції на крані в комфортній диспетчерській.

У всьому рішенні стабільна продуктивність є ключем до успіху чи невдачі впровадження системи дистанційного керування краном. Мережа зв'язку повинна володіти характеристиками великої пропускної здатності, низької затримки та високої надійності. Система зв'язку в основному включає бездротову точку доступу, антену, перетворювач сигналу та оптичне волокно. Крановий термінал та термінал

дистанційного керування має систему зв'язку через мережу 5G. Швидкість висхідного каналу досягає 200 Мбіт/с, низхідна – 1,2 Гбіт/с, а затримка зв'язку досягає 20 мілісекунд, що повністю відповідає вимогам щодо доставки інструкцій керування в режимі реального часу, передачі відео високої чіткості в реальному часі та відеомоніторингу в реальному часі.

Використовуючи технологію визначення місця розташування базової станції 5G, її абсолютна адресна інформація є правдивою та надійною, немає помилки коду, немає накопиченої помилки, а точність позиціонування становить 10 см. Кран з дистанційним керуванням сконструйований за принципом подвійного страхування: «подвійний сигнал, подвійне виявлення та подвійна корекція». Він має функції централізованого керування краном, надчіткого дистанційного моніторингу 4K, відеозв'язки, автоматичної корекції сигналізації, безпеки проти зіткнень тощо, реалізуючи мету «дистанційної роботи та моніторингу в реальному часі». У той же час він забезпечує стабільну мережу в суворих умовах, таких як висока температура та високий тиск, а також виявлення збою зв'язку між ПЛК крана та станцією управління. При збої зв'язку обладнання автоматично зупиниться в поточному положенні для забезпечення безпеки.

Раніше, керуючи краном, кранівник міг бачити лише робочий стан власного кута, а на інші кути потрібно було командувати. Тепер кілька камер високої чіткості, встановлених на крані, забезпечують оператору круговий огляд та забезпечують точність і реальний час дистанційного керування. Оператор піднімає вантаж у призначену зону за допомогою дистанційного керування краном та може бачити інформацію про відстань крана в горизонтальному та вертикальному напрямках, висоту кузова вантажівки та положення завантаження та розвантаження з відео.

Система на машині в основному включає в себе систему управління перетворенням частоти (опціонально, управління більш надійне), систему управління PLC, систему позиціонування і систему відеомоніторингу.

Основна функція системи зв'язку полягає в обміні даними про бортовий ПЛК із ПЛК наземної системи, передачі інформації про кран у режимі реального часу до системи наземного моніторингу та прийнятті автоматичних інструкцій керування наземною операційною системою. Крім того, через систему зв'язку також передається сигнал системи відеоспостереження. Система зв'язку в основному включає бездротову точку доступу, антену, перетворювач сигналу та оптичне волокно.

Наземна операційна система включає систему відеомоніторингу, операційну систему в реальному часі віддалену операційну систему моніторингу стану кранів тощо. Система дистанційного керування спеціально відноситься до: наземна експлуатаційна станція має відповідну робочу платформу та відповідний пристрій відображення стану керування, і оператор може виконати дистанційне керування під керівництвом напівавтоматичної системи або самостійно спостерігати за системою відеомоніторингу в режимі реального часу.

Заснована на ПЛК як ядрі керування, система керування безпілотними кранами реалізує автоматичне керування за допомогою 3D-лазерних датчиків, частотних перетворювачів та різних компонентів виявлення, реалізує моніторинг та роботу за допомогою верхнього комп'ютерного програмного забезпечення керування, а також реалізує зв'язок із транспортними засобами, що керують, за допомогою бездротового комунікаційного обладнання. Реалізовано повністю автоматичне управління мостовим краном, а забір вантажу виконується краном самостійно без участі персоналу. Коли є багато транспортних засобів та багато скупчень вантажів, може бути реалізований віддалений централізований та єдиний контроль.

### **Перелік використаних джерел**

1. Левейкін Ю.О. Динаміка та оптимальне керування рухом мостових кранів. Монографія / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, В.А. Голдун, В.В. Крушельницький. К.: ЦП „КОМПРІНТ”, 2019. 460 с.
2. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Крушельницький В.В. Система оптимального керування рухом мостового крана. *Підійомно-транспортна техніка*, 2019, №1(60), с. 46-58.
3. Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Пилипенко А. П., Макарець В.В. Синтез оптимального регулятора руху системи «кран-вантаж». Ч. 1. *Підійомно-транспортна техніка*. 2021. № 1 (62). С. 83-94.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-152>

**IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF ON-LOAD TAP-CHANGER  
FOR POWER TRANSFORMERS**

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕМІКАЮЧОГО  
ПРИСТРОЮ РПН СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

**Tsybmal B.M.,**  
*DSc (Public Administration),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine;  
National University of Civil  
Protection of Ukraine,  
Kharkiv, Ukraine*

**Цимбал Б.М.,**  
*д.держ.упр., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна;  
Національний університет  
цивільного захисту України,  
м. Харків, Україна*

**Voronenko T.V.,**  
*Student (group 133-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Вороненко Т.В.**  
*студент (гр. 133-23-1м),  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

РПН – це зміна кількості витків обмоток трансформатора. Використується для підтримки нормального рівня вихідної напруги у споживачів електроенергії. Тобто під час РПН змінюють коефіцієнт трансформації електричної машини. Налаштування може виконуватись під навантаженням, або на знеструмленому та заземленому трансформаторі. Ступінь складності системи з перемикачем кількості витків залежить від частоти, з якою необхідно перемикати обмотки, а також від ступеня важливості та розміру трансформатора (рис. 1) [1].



**Рис. 1. Пристрій РПН**

Даний тип регулювання використовується для оперативних перемикачів з постійною зміною навантаження на живлячій лінії (наприклад, вдень і вночі навантаження різне). В залежності від типу та потужності силового трансформатора пристрій РПН може змінювати коефіцієнт трансформації від 10 до 16 відсотків в більшу та меншу сторони (приблизно 1,5% на одне положення перемикача).

Регулювання виконане з боку високої напруги, так як величина сили струму там менше і, відповідно, пристрій РПН виготовити простіше та дешевше. Регулювання може виконуватись як в автоматично, так і в ручному режимі із оперативного пункту керування (ОПК). Дані пристрої регулювання розроблені з 1905 – 1920 років. Складність виконання пристроїв РПН: неможливість простого розмикання кола при зміні кількості витків, як це можна було б зробити на відключеному електрообладнанні та використання короткочасних (на час перемикачів ступеня напруги) замикань частини витків обмоток.

На сьогодні в роботі пристрої РПН з автоматичним пермиканням, які підтримують стабільний рівень напруги (рис. 2).



**Рис. 2. Шафа автоматики РПН з двигуном перемикання положень**

З огляду на рік випуску існуючих силових трансформаторів ЦМП, їх морального та технічного стану – автоматика та рухомі частини привода, двигун, стан корпусу бака РПН трансформатора не задовільні. Перемикання в більшості випадків виконуються в ручному режимі, після кожного перемикання виникає необхідність проводити виміри обмоток працівниками Електротехнічної лабораторії для перевірки надійності контакту, що несе за собою простой та зупинки виробництва.

Електрообладнання, яке знаходиться в підзвіті ЦМП ПРАТ «ПВНГЗК», в переважній більшості, виробництвом з радянських часів – технічно та морально застаріле. Використання маслонаповненого електрообладнання веде за собою ряд недоліків та наслідків.

З огляду на стан електрообладнання, існуючі технічні рішення та проблеми експлуатації – стає очевидно, що пристрій вартий уваги.

Основні ідеї вдосконалення РПН:

- точність та наявність контролю напруги на вході та на виході, після трансформації;
- дистанційний та автоматичний режими роботи – зменшення небезпеки для людини, забезпечення оперативності підтримки нормального рівня вихідної напруги;
- блокування роботи приводу РПН за сигналами «Привід не пішов», «Застрявання», «Безперервний хід», «Мимовільний хід», а також за зовнішнім сигналом блокування та при досягненні крайнього положення приводу (блокування перемикачів у відповідний бік);

- індикація стану пристрою, спрацювання функцій автоматики та блокування – існуючі показчики механічні, контролю спрацювання функцій РПН не існує;
- фіксування всіх подій у створеній базі аварій для подальшого аналізу перемикачів;
- обмін даними з пристроєм поіснуючим промисловим протоколам.

### Перелік використаних джерел

1. Пристрої переключення відповідей обмоток трансформаторів під навантаженням (рпн) типу рнта на струмі 125-630 а. тов. URL: <https://afc.net.ua/uk/pereklyuchayushchie-ustrojstva-ztr/136817/> (дата звернення: 20.10.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-153>

## MODERNISATION OF THE ROLLING ELEMENT OF THE HIGH-VOLTAGE CELL KRU-2-10

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИКАТНОГО ЕЛЕМЕНТУ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ КОМІРКИ КРУ-2-10

**Tsybal B.M.,**

*DSc (Public Administration),  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine;  
National University of Civil Protection  
of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

**Цимбал Б.М.,**

*д.держ.упр., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна;  
Національний університет  
цивільного захисту України,  
м. Харків, Україна*

**Moiseiev V.I.,**

*Student (group 133-23-1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Моїсєєв В.І.,**

*студент (гр. 133-23-1м),  
ТОВ «технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Зовнішній вигляд комірки КРУ-2-10 (модифікація КВ-02-10) можна побачити на рисунку 1. Призначена для роботи в електричних установках трифазного змінного струму частотою 50 Гц напругою

6-10 кВ для систем з ізолюваною нейтраллю та заземленою через струмообмежувачий реактор [1].



**Рис. 1. Комірка високовольтна КРУ-2-10 з викотним елементом – високовольтним вимикачем в складі діючої електроустановки**

Електрообладнання, яке знаходиться в підзвіті ЦМП ПРАТ «ПівнігЗК», в переважній більшості, виробництвом з радянських часів – технічно та морально застаріле. Використання маслонаповненого електрообладнання веде за собою ряд недоліків та наслідків:

1. Проблема екології. Маслонаповнене електрообладнання в складі має масло трансформаторне, в переважній більшості марки Т-1500. Ця марка сірчаноокислотної виробляється з малосірчаної нафти. Застосовуються для масляних вимикачів та іншої високовольтної апаратури (напругою до 500 кВ) як основний електроізоляційний матеріал. Має низьке кислотне число, з нього видалена волога та домішки. Під час обслуговування електрообладнання найважливішим параметром є контроль стану масла. Періодично беруться зразки на аналізи високовольтних випробувань та хімікофізичних властивостей. Відпрацьоване масло необхідно правильно утилізувати.

2. Після розпаду СРСР запчастини до електрообладнання постачались із країни агресора. Наразі постачання зупинилось, існують ризики виходу з ладу без можливості відновлення.

3. Вага масляного вимикача ВМПЕ-10 номінального струму 1600 А сягає 220 кг. В порівнянні, якщо візок вимикача ВМПЕ-10 модернізувати та встановити вакуумний модуль замість масляних полюсів, то вага зменшується до 110 кг. Враховуючи обслуговуючий черговий персонал на підстанціях (95% персоналу це жінки), а також зміщений центр тяжіння візка масляного вимикача, розмір коліс, на яких

перекочують візок – існує велика ймовірність травмування на робочому місці працівників.

4. Застарілий тип конструкції, вага комутаційного електрообладнання, а також моральне та технічне старіння призводять до втрати часу на оперативні перемикання. Для виконання заявки на введення в роботу, або виведення в ремонт, за всіма правилами, з веденням оперативної документації та виконанням всіх заходів ПТЕЕС, ПБЕЕС, та діючих положень на комбінаті, чергова підстанція витрачає в середньому 20-25 хвилин, а враховуючи кількість приєднань на підстанціях, об'єми ремонтів та їх необхідність, це прямо впливає на виробничі потужності та об'єми виробництва підприємства.

На більшості підприємств часто виникає питання модернізації окремих частин комплектних розподільчих пристроїв – дооснащення комірок (шаф). Модернізація розподільчих пристроїв полягає в заміні масляних високовольтних вимикачів на вакуумні високовольтні вимикачі (ВВВ-12) та заміну старого релейного захисту на нові блоки захисту та управління (БЗУ-2-11).

Ретрофіт – це модернізація або часткове переоснащення комплектних розподільчих пристроїв та розподільчих шаф (КРП) шляхом заміни старого обладнання, що відпрацювало свій термін експлуатації, на сучасне.

Першим кроком у процесі модернізації є заміна найбільш зношеного та критичного елемента такого обладнання – масляного вимикача. В основі нового розподільчого пристрою лежать сучасні типи вимикачів – вакуумні або газові, пружинні або електромагнітні. На відміну від масляних вимикачів, вони не потребують постійного обслуговування і мають тривалий термін служби. Також можлива більш повна (комплексна) модернізація КРП: блокова заміна шафи, яка включає заміну кочення, механізму шторок, приводу заземлювача, дверей, релейної шафи і т.д.

Надійність роботи розподільчого пристрою або щита безпосередньо залежить від надійності комутаційного обладнання. Така модернізація є простим і економічно ефективним рішенням проблеми зносу вимикачів у старих розподільчих пристроях.

Модернізація існуючого електрообладнання є більш економічно вигідною, ніж придбання нового обладнання, проведення проектних та будівельних робіт для його встановлення, а також компенсація втрат через відключення електроенергії під час заміни. А періодичний ремонт і обслуговування вимикачів, що відпрацювали свій ресурс, не

гарантують надійності електропостачання споживачів. При цьому інші елементи комірки не завжди потребують оновлення.

Типові варіанти заміни обладнання:

1. Заміна старого вимикача, що відпрацював свій ресурс на рухомому елементі КРП або в КСО, на новий з використанням адаптаційного комплексу з модернізацією або заміною системи блокування та адаптацією вторинного приєднання вимикача. Цей варіант є найбільш економічним, але тривалим та трудомістким.

2. Заміна всього викатного елемента на новий. У цьому випадку новий блок матиме ті ж самі розміри і з'єднання, що і той, який він замінює. Весь комплект замків також буде відповідати існуючому. Цей варіант набагато швидший і практично не вимагає трудовитрат. Ще однією перевагою цього варіанту модернізації є можливість використання старого розсувного елемента з масляним (маломасляним) вимикачем в якості резервного.

3. Заміна на готовий модуль під назвою «OneFit» – готовий модуль з вимикачем, механічними та електричними блокуваннями, захисними шторками та системою адаптації стандартних штепсельних силових контактів до наявних відповідних деталей. Це рішення є найдорожчим, але має низку переваг над попередніми: покращені діелектричні властивості, стандартизоване тестування згідно з ІЕС 62271-1 та підвищена надійність механізмів модуля [2].

Викатний елемент являє собою збірну конструкцію з окремих деталей та вузлів, скріплених між собою зварними з'єднаннями, на яку встановлюється вимикач, і є невід'ємним, есксклюзивним компонентом для роботи вимикача.

Для виключення помилкових дій персоналу в конструкції розкочування передбачені наступні блокування: механічне блокування можливості вкочування/викочування візка при включеному вимикачі та механічне блокування можливості включення автоматичного вимикача.

### **Перелік використаних джерел**

1. К-ХІІ, КРУ-2-10-20У3 | Обладнання. електроенергетика. URL: <https://forca.com.ua/info/oborudovanie/k-hii-kru-2-10-20u3.html> (дата звернення: 20.10.2024).

2. КРП К-6 (К-VI) РЕТРОФІТ – ПРОЕКТ-ЕНЕРГО. ПРОЕКТ-ЕНЕРГО – ПРОЕКТ-ЕНЕРГО. URL: <https://proekt-energo.com/uk/kru-k-6-retrofit> (дата звернення: 20.10.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-154>

**MODERNIZATION OF THE START-UP CONTROL SYSTEM  
OF ELECTRIC MOTORS OF HIGH-PRESSURE PUMPS  
OF THE MARTENIV WORKSHOP**

**МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПУСКОМ  
ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ НАСОСІВ ВИСОКОГО ТИСКУ  
МАРТЕНІВСЬКОГО ЦЕХУ**

**Tsybaly B.M.,**

*DSc (Public Administration),  
Associate Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”, Zaporizhzhia,  
Ukraine ; National University  
of Civil Protection of Ukraine,  
Kharkiv, Ukraine*

**Цимбал Б.М.,**

*д.держ.упр., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна;  
Національний університет  
цивільного захисту України,  
м. Харків, Україна*

**Sychov V.V.,**

*Student (group 133-23-1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

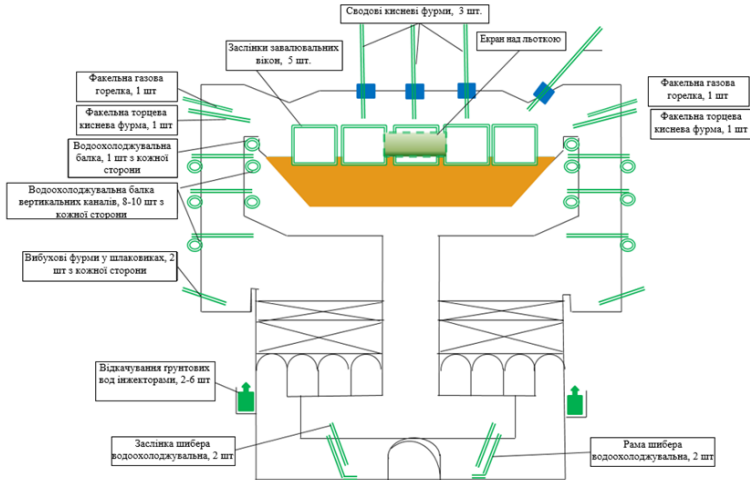
**Сичов В.В.,**

*студент (гр. 133-23-1м),  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У мартенівському цеху ПАТ «Запоріжсталь» розташовані сім стаціонарних мартенівських печей, що перебувають в експлуатації, кожна з яких має місткість 500 т та один сталеплавильний агрегат з двома ванна, кожна яких має місткість 250 т.

Механізми та обладнання мартенівських печей та двованного сталеплавильного агрегату при виробництві сталі потребують охолодження, яке забезпечується водою за допомогою насосної станції [1]. Водоохолоджувальні елементи мартенівських печей представлено на рис. 1.

Насосна станція мартенівського цеху (рис. 2) служить для забезпечення охолодження мартенівських печей та ДСПА із заданою продуктивністю 621 м<sup>3</sup>/год (для одного насоса) при тиску 7,5 кгс/см<sup>2</sup> в загальний скидний колектор, необхідний тиск на печі 5,2 – 5,5 кгс/см<sup>2</sup> для забезпечення охолодження кисневих фурм, температура вихідної води яких не повинна бути вищою 60 °С, та забезпечення відкачування ґрунтових вод інжекторами із глибини 12 м [2-3].



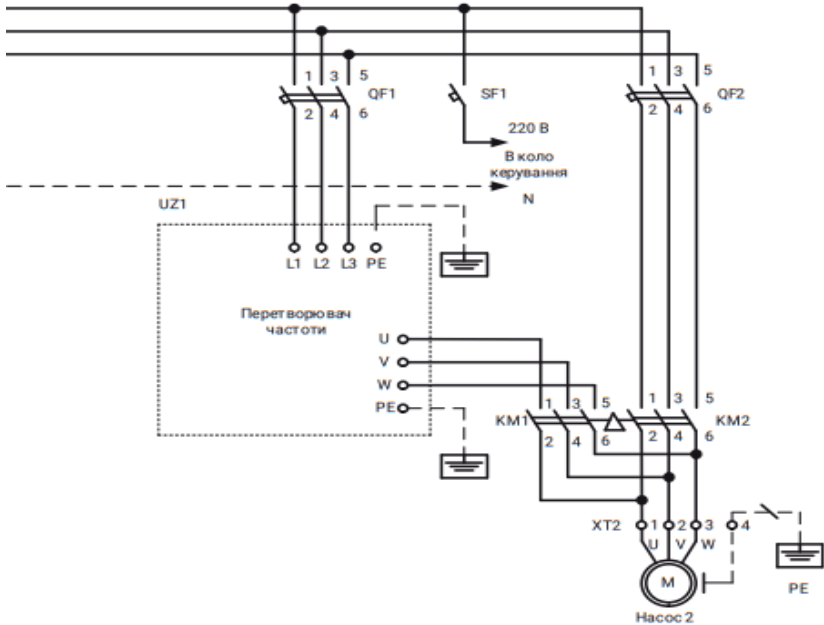
**Рис. 1. Водоохолоджувальні елементи мартенівських печей**

При існуючому парку насосного обладнання кількості 6 од., для забезпечення водою для охолодження мартенівських печей завжди у роботі два насосні агрегати.



**Рис. 2. Насосна станція мартенівського цеху**

Насосні агрегати мають часті пуски, кожен день один насос вимикається, а інший вмикається. Також насосні агрегати використовуються на повну потужність без керування. Для вирішення ряду недоліків з енергоспоживанням та управлінням насосних агрегатів необхідно проводити модернізацію за рахунок використання частотні перетворювачі, схема підключення яких представлено на рис. 3 [4].



**Рис. 3. Схема підключення перетворювача частоти**

Частотні перетворювачі мають кілька переваг, які роблять їх більш ефективними та зручними для використання порівняно з іншими методами керування двигунами.

Однією з основних переваг використання частотних перетворювачів є їхня здатність забезпечувати енергоефективність. При використанні частотного перетворювача можна регулювати швидкість обертання двигуна, що дозволяє знизити споживання електроенергії та покращити енергоефективність.

Частотні перетворювачі забезпечують регулювання швидкості обертання мотора, що робить їх ідеальним вибором для застосувань, де потрібна зміна швидкості обертання (наприклад для налаштування процесів або зниження зношування обладнання). Регулювання швидкості дозволяє точно налаштовувати швидкість обертання мотора та підтримувати її на постійному рівні, що збільшує точність та якість роботи процесу.

Збільшення терміну експлуатації двигуна: Використання частотних перетворювачів також може збільшити термін служби двигуна. Це пов'язано з тим, що перетворювач частоти може допомогти зменшити навантаження на двигун, знизити тертя та зношування, що може призвести до більш тривалого терміну служби.

### **Перелік використаних джерел**

1. Мартенівська піч – історія, принцип роботи, схема та актуальність нині. Metinvest. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/articles/martenivska-pich/> (дата звернення: 22.10.2024).

2. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода : навч. посібник / М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Харків: Видавництво «Точка», 2017. – 206 с.

2. Грабко, В. В. Метод та засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання : монографія / В. В. Грабко, М. М. Мошноріз. Вінниця : ВНТУ, 2011. 138 с.

3. Modernization of the electric drive of pumping units of the district heating network in the context of increasing their energy efficiency / M. Fedirko et al. Energy saving. Power engineering. Energy audit. 2023. No 5-6(183-184). P. 27–40. URL: <https://doi.org/10.20998/2313-8890.2023.05.03> (date of access: 22.10.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-155>

**AUTOMATION OF THE ACCOUNTING AND CONTROL  
OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE SPICY CART  
OF THE BURNING MACHINE LURGI 552**

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ ТА КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ  
ПАРАМЕТРІВ СПІКАЛЬНИХ ВІЗКІВ ВИПАЛЮВАЛЬНОЇ  
МАШИНИ LURGI 552**

**Chervyakov A.M.,**

*Master's degree student,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Bundza O.Z.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Holotiuk M.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Червяков А.М.,**

*здобувач вищої освіти  
магістерського рівня,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Бундза О.З.,**

*к.т.н, доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Голотюк М.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

До складу фабрики виробництва обкотишів входять комплекс обладнання для підготовки шихти, стрічкові (конвеєрні) випалювальні машини та обладнання для грохотіння та транспортування отриманих обкотишів.

Випалювальна машина має як основний елемент замкнуту стрічку (конвеєр) з окремих спікальних візків-палет. Візок – це рама, що спирається на чотири ролики з поздовжніми балками, на які монтуються колосникові грати і поздовжні борти.

На горизонтальній ділянці стрічки візки щільно примикають один до одного, утворюючи жолоб з дном, що рухається, у вигляді колосникових грат, що заповнюється шихтою. Тепло, необхідне для спікання, виходить

від горіння вуглецевого палива. У зоні горіння температура сягає  $1400^{\circ}\text{C}$ , за якої і відбувається спікання обкотишів.

Внаслідок одностороннього підведення тепла у балках виникає значний градієнт температур по висоті, що призводить до виникнення прогину рами візка у вертикальній площині та її короблення в горизонтальній площині.

Зі сказаного випливає, що рама спікального візка працює в умовах температур, що циклічно змінюються при силових навантаженнях, що виникають як від впливу шихтової маси (обкотишів), так і в результаті нерівномірного циклічного нагріву по висоті балок. Внаслідок цього, з часом виникає неприпустиме, за умовами роботи, прогинання (короблення) несучих балок рами, а іноді й руйнування її в процесі експлуатації, що може призвести до великих матеріальних втрат.

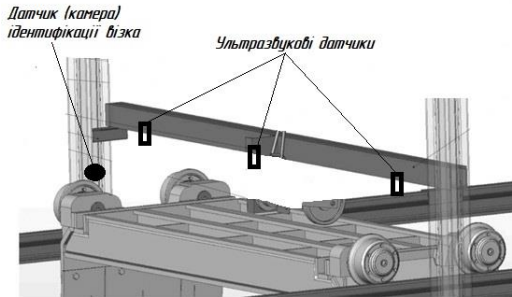
Враховуючи жорсткі умови експлуатації конвеєрної колосникової машини, щодо спікальних візків потрібне регламентне технічне обслуговування.

Для своєчасної заміни спікальних візків та запобігання аварійних зупинок обладнання [1, 2, 3], пропонується запровадити автоматизовану систему контролю прогину візків.

Система включає:

- ідентифікуючий пристрій для однозначної ідентифікації кожного спального візка;
- сенсорний пристрій для збору декількох параметрів, що характеризують стан;
- процесорний пристрій для співвіднесення зібраних параметрів, що характеризують стан з конкретним випалювальним візком;
- запам'ятовуючий пристрій для збереження даних, характеризуючих стан параметрів за кожним випалювальним візком у базі даних;
- оцінювальний пристрій для оцінки стану конвеєрної колосникової машини.

Схематично датчики системи зображено на рис.1. Під час руху візків датчик, закріплений на вертикальній колоні машини ідентифікує кожний візок а за допомогою трьох ультразвукових датчиків виконується вимірювання відстані між горизонтальною балкою та корпусом візка. Тобто прогин візка.



Інформація обробляється, зберігається та накопичується за допомогою ЕОМ.

Оскільки ідентифікацію та здійснення контролю неполадок спікальних візків проводять у безперервному режимі, то можна не тільки отримувати інформацію, які спікальні візки вимагають технічного обслуговування під час виведення в зупинку, а також (визначати), які ремонтні роботи необхідні. Таким чином, ще до того, як буде здійснено виведення в зупинку для технічного обслуговування, можна підготувати необхідні інструменти та змінні деталі.

Отже, час на виведення в зупинку може бути скорочено, збільшуючи цим ефективність конвеєрної колосникової машини.

### Перелік використаних джерел

1. Голотюк М.В. Підвищення ефективності технічного обслуговування машин / Голотюк М. В., Налобіна О.О., Бундза О.З., Тхорук Є.І., Дорошук В. О. *Вісник НУВГП, серія: Технічні науки*. Рівне: НУВГП, 2022. Вип. 3(99). С. 118–127.

2. Деклараційний патент №3354 на корисну модель, Україна, F27B 21/06. Рама візка конвеєрної машини / В.Я. Агарков, В.Ю. Дюбін, О.М. Серенко и др. (Україна). Заявлено 28.01.2004; Опубліковано 15.11.2004, Бюл. №11.

3. Автоматизація виробничих процесів: підручник / В.П. Хорольський, Ю.М. Коренець. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2022. 375 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-156>

## **MONITORING OF THE CASTING PROCESS AND CORRECTION OF RHOMBOID DEFECTS IN CONTINUOUSLY CAST BILLETS**

### **МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСУ РОЗЛИВАННЯ ТА ВИПРАВЛЕННЯ «РОМБІЧНОСТІ» БЕЗПЕРЕРВНОЛИТИХ ЗАГОТІВОК**

**Shyrokykh D.I.,**

*Student (group 151-22-1p),  
LLC "Technical university  
"Metinvest Polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Широких Д.І.,**

*студент (група 151-22-1п),  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Miroshnychenko V.I.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Мірошніченко В.І.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Сучасні виклики, які постають перед виробниками металургійної продукції, полягають у забезпеченні високої продуктивності та енергоефективності виробництва, повної відповідності показників якості готової продукції вимогам замовників, а також зменшення обсягів браку. У вказаному контексті на етапі виробництва безперервнолитої сортової заготовки є доцільним забезпечити моніторинг технологічних параметрів процесу безперервного розливання сталі для виявлення причин виникнення дефекту ромбічності в конкретних умовах виробництва заготовки квадратного перерізу. Ромбічність квадратної заготовки характеризує відхилення її поперечного перерізу від ідеального квадрата. Загалом основними причинами ромбічності є нерівномірність охолодження по кутах та гранях заготовки, а також напруження та деформації через асиметричний теплообмін. Цей дефект спричиняє ускладнення подальшої обробки заготовки, погіршення якості поверхні та підвищення ризику дефектів. Для запобігання ромбічності зазвичай здійснюється налаштування системи охолодження та оптимізація конструкції кристалізатора [1].

Поточний рівень автоматизації технологічного процесу безперервного розливання заготовок, в тому числі квадратного перерізу, передбачає контроль таких технологічних параметрів, як температура металу в промковші перед розливкою, рівень металу в кристалізаторі,

швидкість витягування заготовки та параметри зони вторинного охолодження, зокрема, тиск та температура охолоджуючої води. Також перед початком розливання підтверджується готовність технологічного обладнання. Визначення ромбічності проводиться ручним способом з використанням штангенциркуля [2].

Зважаючи на це, є актуальним розробити та впровадити систему моніторингу процесу розливання сортових заготовок, що передбачатиме реалізацію в автоматичному режимі наступних дій: контролю ключових параметрів, діагностики стану відповідного устаткування, аналізу якості поверхні заготовки та визначення показника ромбічності. Також завдяки наявності математичної моделі технологічного процесу можливим буде прогнозування та попередження потенційних дефектів заготовок. Система моніторингу повинна бути інтегрована в АСУ ТП конверторного цеху для забезпечення автоматизованого керування технологічним процесом розливання безперервнолитих сортових заготовок.

### Список використаних джерел

1. Вплив технологічних параметрів розливання і кристалізації сталі на якісні показники безперервнолитої заготовки / Е. Парусов та ін. *Наукові праці ВНТУ*. 2016. № 2. С. 1–8.
2. Study of the processes of subsurface crack formation in a rhombic varietal billet during production in the conditions of a metallurgical micro-mill / A. N. Smirnov et al. *Metal and Casting of Ukraine*. 2020. Vol. 28, no. 3. P. 40–46. URL: <https://doi.org/10.15407/steelcast2020.03.040> (date of access: 08.11.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-157>

## CONCEPT OF THE IRON ORE CONCENTRATE DEWATERING CONTROL PROCESS

### КОНЦЕПЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ЗНЕВОДЖЕННЯМ ЗАЛІЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТУ

**Yarovyi K.V.,**

*Student (group 133-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

*Scientific supervisor: Nalobina O.O.,  
DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Яровий К.В.,**

*студент гр. 133-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

*Науковий керівник: Налобіна О.О.,  
д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У гірничо-металургійному виробництві процес зневоднення залізрудного концентрату характеризується високими витратами енергоресурсів, а також зниженою продуктивністю. Це викликано застосуванням ручної праці при виконанні лабораторних досліджень вологості осаду. Збільшення продуктивності здійснюється за умови дотримання певного переліку технологічних обмежень, зокрема, вологість осаду не повинна перевищувати унормований рівень.

Процес зневоднення залізрудного концентрату виконується найчастіше на дискових вакуум-фільтрах, а їхня продуктивність розраховується одночасно на групу фільтрів. Така методика розрахунку продуктивності призводить до того, що практично не можливо об'єктивно оцінити продуктивність окремо взятого фільтра і перевірити його налаштування. Для оператора, який керує процесом зневоднення концентрату в режимі реального часу, виникають труднощі у виконанні даного процесу.

Враховуючи вище зазначене, розробка системи керування обладнанням технологічного процесу зневоднення концентрату є актуальною задачею.

Дослідженню процесу зневоднення присвячено роботи Гарбера В. [1], Campbell Q.P. [2], Купіна А. І. [3] та інших вчених, але питання керування обладнанням технологічного процесу зневоднення концентрату залишаються малодослідженими.

Пропонуємо три підходи до розробки процесу керування процесом зневоднення концентрату в режимі реального часу:

1) за мету керування приймаємо максимальне значення продуктивності. Для розв'язку задачі оптимізації приймаємо обмеження – граничні мінімальні значення показників якості та максимально граничні значення витрат електричної енергії;

2) за мету керування приймаємо мінімальну вологість. При цьому в якості обмежень приймаємо максимальне значення часу циклу зневоднення;

3) за мету керування приймаємо втрати на виконання виробничого процесу. При цьому в якості обмеження приймаємо обсяг пульпи у ванні.

Для цих трьох варіантів необхідно розробити різні алгоритми керування і, як наслідок, провести синтез систем керування.

Послідовність вирішення даних завдань буде залежати від запровадженої на конкретному виробництві технологічної схеми та режимів роботи, так як запровадження розробленої системи керування не дасть можливості докорінним чином змінити схеми технологічних процесів.

Для вирішення задачі розробки системи керування обладнанням технологічного процесу зневоднення концентрату передбачається:

- зібрати й проаналізувати кількісні дані щодо зменшення вологи в концентраті за різних режимах роботи і витраті часу;
- обґрунтувати математичну модель, яка описує технологічний процес видалення вологи з концентрату;
- формалізувати критерії оцінювання процесу.

### **Перелік використаних джерел**

1. Гарбер В. Зневоднення залізорудних концентратів та сучасні сушильні процеси / В. Гарбер, В. І. Головань, Л. В. Скляр // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. праць. Кривий Ріг, 2023. Вип. 56. С. 162–168. URL: <http://ds.knu.edu.ua/jspui/handle/123456789/5247>

2. Campbell Q.P. Coal Moisture Variations in Response to Rainfall Event in Mines and Coal-Fired Power Plant Stockpiles—Part 1: Runoff, Infiltration, and Drainage/ Minerals, 2021. V. 11, 1365. DOI:10.3390/min11121365

3. Купін А. І. Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології. Київ : Корнійчук, 2008. 202 с. ISBN 966-7599-56-0.

4. Лапшин, Є. С.; Шевченко, О. І. Аналіз технічних рішень для зневоднення та класифікації за крупністю мінеральної сировини при тонкому і надтонкому вібраційному грохоченні. Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії, 2022. Вип. 36 С. 507-521. URL: <http://jnas.nbuv.gov.ua/uk/article/UJRN-0001393494>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-158>

**AUTOMATIC CONTROL OF ELECTRIC TRANSPORT  
IN UNDERGROUND MINING OF MINERALS ACCORDING  
TO THE CRITERION OF MINIMUM SPECIFIC ENERGY  
CONSUMPTION**

**АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОВАЗНИМ  
ТРАНСПОРТОМ ПРИ ПІДЗЕМНОМУ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ  
КОПАЛИН ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМАЛЬНИХ  
ПИТОМИХ ЕНЕРГОВИТРАТ**

**Yatsiuk D.S.,**  
*PhD student, Dnipro University  
of Technology,  
Dnipro, Ukraine*

**Яцюк Д.С.,**  
*аспірант,  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»,  
м. Дніпро, Україна*

**Актуальність.** З обранням України європейського вектору розвитку відбулося переосмислення її енергетичної стратегії [1]. Згідно з нею, до 2050 року відбудеться перехід до зеленої енергетики з метою максимального наближення до кліматичної нейтральності. Однак, незважаючи на те, що основний акцент при генеруванні електроенергії буде зроблений на відновлювані джерела енергії та атомні електростанції з масовим впровадженням storage-систем та сучасних інформаційних технологій для її зберігання й розподілу, повністю завдання балансування в енергосистемі країни без теплових електростанцій вирішене не буде. І це відображено в енергетичній стратегії. Крім того, певні марки вугілля є необхідними складовими для хімічних та металургійних процесів, тож абсолютна повна відмова від шахтних підприємств не передбачається. Підтвердженням тому є активна розробка нових лав навіть в умовах війни [2].

**Постановка завдання.** Електровазний транспорт є одним зі способів транспортування корисних копалин за умови їх підземного видобутку на шахтних підприємствах, зокрема при переміщенні гірської породи у межах одного горизонту [3]. З оглядом на кількість гірської породи, що транспортується за добу, це один з найбільш енергоємних об'єктів на шахтному підприємстві. Нові електровази укомплектовані сучасним електроприводом, що дозволяє змінювати швидкість руху електровазу зі збереженням необхідного рівня тягового зусилля в широкому

діапазоні значень [4]. Це дозволяє машиністу задавати будь яку швидкість руху, але таким чином, в керуванні електровозом, не заважаючи на встановлене сучасне обладнання, використовуються морально застарілі методи керування, коли режим його роботи визначається людським фактором. З оглядом на це, поставлене завдання дослідити закономірності залежності питомих енерговитрат від режимних параметрів роботи електровозу з метою їх використання для впровадження автоматичного керування електровозом з мінімізацією питомих енерговитрат на транспортування корисних копалин.

**Інструмент дослідження.** На основі методики розрахунку підземного локомотивного транспорту [5] реалізовано імітаційну модель підземного електровозу та його взаємодії з зовнішнім середовищем, що враховує реальні технічні характеристики електровозного транспорту та гірничо-геологічні параметри пластів на шахтних підприємствах.

**Результати досліджень.** Сукупність обчислювальних експериментів на основі імітаційної моделі електровозного транспорту дозволили виділити два основних фактори, що суттєво впливають на питомі енерговитрати транспортування вугілля, – кількість вагонеток та коефіцієнт зчеплення коліс вагонеток з рейками. Перший фактор є регульований, та може бути однією з керуючих дій системи керування процесом транспортування корисних копалин за всіма транспортними ланцюгами на шахті (так звана система керування “верхнього” рівня, як складова частина системи керування виробничими процесами на шахті). Другий фактор є випадковою величиною, яка фактично є збурюючим фактором для системи керування електровозним транспортом.

На першому етапі досліджень було встановлено, що для прийнятих гірничо-технологічних умов роботи електровозного транспорту існує оптимальна маса завантаженого складу. Встановлено, що залежність питомих енерговитрат на транспортування у функції кількості вагонеток у складі потягу, при фіксованих значеннях його швидкості, з урахуванням обмежень на масу поїзда за умовами його розгону з місця та рівномірного руху на ухилі, має параболічний вигляд з наявністю мінімального оптимуму. Цей характер залежності зберігається при різних сполученнях параметрів електровозного транспорту, та при різних гірничо-геологічних умовах, але відбувається зміщення мінімального оптимуму. Таким чином, доцільно для різних сполучень вище зазначених факторів визначити аналітичні залежності питомих енерговитрат від кількості вагонеток, щоб на їх основі надалі реалізувати алгоритм автоматичного завантаження корисних копалин в вагонетки за критерієм енергоефективності транспортування копалин.

На другому етапі досліджень було встановлено, що залежність питомих енерговитрат на транспортування копалин від швидкості переміщення електровозу також має параболічний вигляд з мінімальним оптимумом, який зміщується при зміні коефіцієнта зчеплення коліс з рейкою та нахилу горизонту пласта. Оскільки визначення коефіцієнту зчеплення напряму є занадто дорогою та складною процедурою та потребує багато часу, то пропонується визначати знаходження в мінімальному оптимумі стосовно вище зазначеної залежності непрямым шляхом через фіксування невідповідності між лінійною швидкістю руху коліс електровозу та кутною.

**Висновки.** Дослідження залежностей питомих енерговитрат на транспортування корисних копалин електровозним транспортом від режимних параметрів його роботи дозволили встановити енергоефективні режими цього об'єкта автоматизації, які визначаються вагою потяга, й, відповідно, кількістю вагонеток та швидкістю його переміщення. Керуючі впливи при автоматичному керуванні процесом транспортування корисних копалин за критерієм мінімальних питомих енерговитрат мають формуватися в функції, з однієї сторони, режимних параметрів електровозного транспорту, а з іншої – гірничо-геологічних умов пласта.

### Перелік використаних джерел

1. Енергетична стратегія України до 2050 року. Сайт Міністерства енергетики України. URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya> (дата відвідування: 20.11.2024)
2. Чигир С. ДТЕК у лютому запустила 4 нові вугільні лави. Енергетичний інфо-хаб. URL: <https://kosatka.media/category/ugol/news/dtek-u-lyutomu-zapustila-4-novi-vugilni-lavi> (дата відвідування: 20.11.2024)
3. Кальмус Д. О., Філіпп Ю. Б., Берідзе Т. М. Особливості роботи електровозного транспорту в умовах залізрудних шахт, Мікросист., Електрон. та Акуст., т. 26, вип. 2, с. 237328–1, Сер. 2021.
4. У шахтоуправлінні Тернівське компанії ДТЕК з'явилися електровози майбутнього. Теплова енергетика: новини компанії ДТЕК. Сайт компанії ДТЕК. URL: <https://energo.dtek.com/media-center/press/v-shakhtoupravlenii-ternovskom-kompanii-dtek-poyavilis-elektrovozy-budushego/> (дата відвідування: 20.11.2024)
5. Розрахунок шахтного локомотивного транспорту: Навч. Посіб. / О.О. Ренгевич, О.М. Коптовець, П.А. Дьячков та ін. Д.: Національний гірничий університет, 2007. 83 с.

## INNOVATIONS IN CIVIL AND OCCUPATIONAL SAFETY

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-159>

### TECHNOGENIC THREATS AND RESILIENCE OF THE STEEL INDUSTRY

### ТЕХНОГЕННІ ЗАГРОЗИ ТА СТІЙКІСТЬ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ

**Volodchenkova N.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC “Metinvest  
polytechnic technical university”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Володченкова Н.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Kruzylko O.Ye.,**

*DSc (Engineering), Professor  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Кружилко О.Є.,**

*д.т.н., професор  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Rekova N.Yu.,**

*DSc (Economics), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Рекова Н.Ю.,**

*д.е.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Наразі гостро постає проблема порушення сталої роботи металургійних підприємств, внаслідок військових дій, особливо для регіонів Запоріжжя та області. Ризик техногенних загроз має надзвичайно високу ймовірність через ряд чинників, які створюють чи виступають каталізаторами потенційних аварій та нестабільності виробництва.

Металургійне виробництво Запоріжжя – це один із ключових секторів, що формує інфраструктуру регіону, забезпечує зайнятість великої кількості мешканців та значно впливає на ВВП України. Будь-які загрози мають багатовимірний вплив на різні аспекти підприємства, регіону та суспільства. Такі загрози здатні порушити стабільність роботи підприємств, безпосередньо впливають на соціально-економічний стан, рівень доходів населення та інвестиційний клімат.

Будь-яке підприємство може зазнати впливу, як природних, так і техногенних загроз, що можуть негативно вплинути на їхню діяльність та безпеку працівників. Щодо техногенних загроз, які виникають внаслідок військових дій, то це можуть бути пожежі та вибухи, викиди шкідливих речовин, енергетичні проблеми та інші.

Виготовлення металургійної продукції – це технологічний процес, який потребує постійного і великого споживання електроенергії для плавлення металів, обробки сировини та подальших виробничих операцій. Будь-які перебої в електропостачанні, навіть короткотривалі, можуть призвести до вимушених зупинок обладнання, що знижує продуктивність та може викликати поломки, стає причиною не тільки тимчасових виробничих втрат, але й підвищеного зношення обладнання. Висока енергоємність процесів, застарілі технології та недосконалість безпекових систем збільшують ймовірність техногенних аварій, таких як викиди шкідливих речовин, вибухи або аварії на виробництві. Техногенні аварії можуть призвести до масштабних екологічних катастроф, що загрожують здоров'ю працівників та населення, забруднюють водойми, ґрунти та повітря.

Аварії, пожежі, вибухи або раптові зупинки обладнання, можуть призвести до викидів шкідливих речовин, таких як важкі метали, отруйні гази та хімічні речовини, що використовуються у виробництві. Контакт з цими речовинами можуть викликати гострі отруєння, респіраторні захворювання, подразнення шкіри та слизових оболонок, а також більш серйозні хронічні захворювання, такі як бронхіт, астма або навіть онкологічні захворювання. Працівники можуть зазнати серйозних фізичних травм, таких як опіки, переломи, поранення від уламків чи ураження електричним струмом. В умовах військових дій ризик таких травм зростає через можливі пошкодження інфраструктури.

Постійний ризик аварій і робота в умовах підвищеної небезпеки призводять до високого рівня стресу серед працівників. Військові дії лише підсилюють це навантаження, що може призвести до тривалих психоемоційних розладів, зокрема тривожності, депресії та посттравматичного стресового розладу (ПТСР).

Техногенні загрози, які посилюються в умовах військових дій, створюють серйозні ризики для металургійної галузі, особливо для підприємств Запоріжжя та його області. Ці загрози мають багатогранний вплив на економіку, соціальну стабільність, екологічну безпеку регіону та здоров'я працівників. Фізичні травми, токсичні впливи, підвищений рівень стресу та інші загрози ставлять під загрозу не лише стабільну роботу підприємств, але й безпеку та добробут персоналу.

### **Перелік використаних джерел**

1. Thiago Souza Santos Machado, Pedro Henrique At.C.L. RISK AND SAFETY ASSESSMENT IN THE FOUNDRY PROCESS IN THE

METALLURGICAL INDUSTRY. *Revista Produção Online*, 23(3), 5104 21-02-2024. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v23i3.5104>

2. Davanzo, Erika Priscila. Evaluation of Working Conditions in the Deburring Sector in a Small Company in the Metallurgical Sector and Implementation of Occupational Safety Program. September 21, 2023

3. Майстренко, В. В., Стасюк, С. В., Місютін, О. Є. (2024). Програмно-аналітичний комплекс системи аналізу виробничої безпеки та здоров'я. *Проблеми охорони праці в Україні*, 40(1-2), 3–9.

4. Kruzhiiko, O., Maystrenko, V., Volodchenkova, N., Vambol, S., & Ghoumah, F. (2024). Mathematical Description of Harmful Industrial Factors for Assessing the Quarry Workers' Occupational Risk. *Trends in Ecological and Indoor Environment Engineering*, 2(1), 35–40.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-160>

## CREATING A SAFE ENVIRONMENT IN DEAD-END WORKINGS

### СТВОРЕННЯ УМОВ БЕЗПЕЧНОГО СЕРЕДОВИЩА В ТУПИКОВИХ ВИРОБКАХ

**Volodchenkova N.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Metinvest  
polytechnic technical university",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Володченкова Н.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Cheberiachko Yu.I.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Metinvest polytechnic  
technical university",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко Ю.І.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Bedniuk O.V.,**

*PhD student, National  
Technical University  
"Dnipro Polytechnic",  
Dnipro, Ukraine*

**Беднюк О.В.,**

*аспірант,  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»,  
м. Дніпро, Україна*

Створення умов безпечного середовища є одним із пріоритетів при виконанні гірничих робіт на вугільних шахтах.

З підвищенням інтенсивності ведення гірничих робіт відзначається зростання запиленості в підземних гірничих виробках, що супроводжується збільшенням вмісту тонкодисперсних фракцій у

пиловому аерозолі. Середньозмінна концентрація пилу на робочому місці машиніста комбайна в очисних та підготовчих заоб'ях становить від 30...40 до 150...240 мг/м<sup>3</sup>, а при незадовільному функціонуванні засобів гідрообезпилювання – перевищує технічно досяжний рівень.

Негативна зміна пилової обстановки призводить до підвищеного ризику та передчасності розвитку професійних захворювань пилової етіології, що підтверджується статистичними даними. Найбільша кількість працівників, які працюють під впливом аерозолів переважно фіброгенної дії, налічується у вугледобувній галузі.

Професійні захворювання, пов'язані з впливом на людину промислових аерозолів, зокрема вугільного пилу, є одними з найбільш поширених, посідаючи третє місце в загальному списку після захворювань, пов'язаних із впливом фізичних факторів, з фізичними навантаженнями та перенапругою. На вугільних шахтах захворювання пилової етіології відносяться до найбільш поширених. Найчастіше силікози, антракози та пилові бронхіти фіксуються серед машиністів комбайнів, гірників підземних, прохідників, гірників очисного забою.

В даний час застосовувані засоби боротьби з пилом не враховують особливостей речовинного та дисперсного складу пилового аерозолу, ряд гірничотехнічних та гірничогеологічних факторів та їх динаміку, внаслідок чого не забезпечують достатню ефективність протипилових заходів. Існуюча методика розрахунку пилового навантаження на органи дихання не враховує фактичний вміст найбільш небезпечних для людини частинок респірабельної фракції у повітрі на робочих місцях, що призводить до завищення максимально допустимого стажу роботи та несвоечасності проведення лікувально-профілактичних заходів.

Проведення виробок комбайновим способом супроводжується підвищеною запиленістю повітря у привибійному просторі, можливістю газовиділення.

Основними джерелами пиловиділення при проходженні виробок комбайнами є:

- процес різання породи та вугілля робочим органом;
- навантаження, перевантаження та транспортування гірничої маси;
- вторинне завихрення осілого пилу.

Подальше поширення комбайнового способу проведення виробок багато в чому залежить від ефективності боротьби з пилом. Запиленість повітря в прохідницькому забої за відсутності спеціальних засобів припинення пилу досягає 2000...3000 мг/м<sup>3</sup> і більше, що неприпустимо для нормальних умов роботи обслуговуючого персоналу та обладнання. Крім того, інтенсивне пилоутворення під час роботи з вугілля значно

підвищує небезпеку ведення робіт в умовах шахт, небезпечних по пилу. Інтенсивність пилоутворення та запиленість повітря залежать від наступних факторів: фізико-механічних властивостей вугілля та порід, способу руйнування забою, швидкості проведення вироблення, способу навантаження та засобів доставки зруйнованої гірничої маси, що застосовуються, ефективності застосовуваної системи провітрювання забою та засобів пилопридушення.

Одним із основних засобів боротьби з пилом є провітрювання. Правильно організоване провітрювання забою значно знижує запиленість повітря на робочих місцях.

Провітрювання тупикових виробок при комбайновому їх проведенні характеризується насамперед тим, що підведення свіжого повітря до забою та відведення вихідного здійснюється найчастіше за однією і тією ж виробкою, що вимагає застосування різних вентиляційних пристроїв. Залежно від умов проходження застосовують такі способи вентиляції тупикових виробок: нагнітальний, всмоктуючий, комбінований. Найбільшого поширення набула нагнітальна схема провітрювання тупикових виробок.

Провітрювання тупикових виробок при комбайновому їх проведенні характеризується насамперед тим, що підведення свіжого повітря до забою та відведення вихідного здійснюється найчастіше за однією і тією ж виробкою, що вимагає застосування різних вентиляційних пристроїв. Залежно від умов проходження застосовують такі способи вентиляції тупикових виробок: нагнітальний, всмоктуючий, комбінований. Найбільшого поширення набула нагнітальна схема провітрювання тупикових виробок. При комбайновій прохідці як боротьба з пилом у привибійній зоні використовують пиловідсмоктувальні установки, що поставляються з комплектом обладнання. Тому вентиляцію механізованих забоїв здійснюють комбінованими способами. Свіже повітря подають у забій по нагнітальному трубопроводу, а як всмоктуючий трубопровід використовують для пиловідсмоктувальної установки.

Останнім часом розроблено та впроваджуються ефективні системи пилопригнічення, що застосовуються при роботі прохідницьких комбайнів. У принципі системи пилопригнічення для бурових і стрілоподібних прохідницьких комбайнів однакові і складаються з системи зрошення і пиловідсмоктувача. У зв'язку з цим виникла необхідність у створенні пиловловлюючих установок для знепилення окремих технологічних процесів у вугільних шахтах. Пиловідсмоктувач є ефективним методом боротьби з пилом при комбайновій прохідці

гірничих виробок. Він заснований на аспірації запиленого повітря від джерел пиловиділення з подальшим очищенням його в пиловловлювачах.

### **Перелік використаних джерел**

1. Mukha O., Cheberiyachko Y., Sotskov, V., Kamulin A. Studying aerodynamic resistance of a stope involving CAD packages modeling. In E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 123. p. 01048.

2. Analysis of the processes of dust formation and spread during the operation of a mining combine harvester in a dead-end production / Y. Cheberyachko та ін. Collection of Research Papers of the National Mining University. 2024.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-161>

## **INTEGRATED SOLUTIONS TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE RAILWAY DIVISION OF THE MINING AND PROCESSING PLANT**

### **КОМПЛЕКСНІ РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ДИВІЗІОНУ ГІРНИЧО- ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ**

**Grishchenko K.Yu.,**  
*Student (group 183-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Dnipro, Ukraine*

**Грищенко К.Ю.,**  
*студент гр. 183-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Дніпро, Україна*

Залізниця і рухомий склад є в'язучою ланкою між підприємствами та вантажоодержувачами, яка має функціонувати максимально ефективно, але з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Можна виділити три основні проблеми негативного впливу залізниць і рухомого складу на середовище: старий рухомий склад, викиди CO<sup>2</sup> від маневрових тепловозів та утилізація дерев'яних б/в шпал.

Викиди забруднюючих речовин від рухомих джерел становлять у середньому 1,65 млн. тон на рік. Основне забруднення відбувається в

районах, де в якості локомотивів використовують тепловози з дизельними силовими установками [1].

До негативного впливу на навколишнє середовище відноситься забруднення залізничних колій нафтопродуктами, які витікають із залізничних цистерн та зливальних приладів. Забруднення колій маслом трапляється під час заправлення букс, з нещільно закритих букс та з колісних пар, що забруднює ґрунт. Найбільші площі забруднення спостерігаються на тракційних коліях локомотивного депо, у місцях підготовки цистерн для наливу нафтопродуктів, на станціях у місцях відстою та екіпірування тепловозів, а також на паливних складах.

Утилізація дерев'яних шпал, оброблених креозотом, є серйозною проблемою через їх токсичність і класифікацію як небезпечних відходів.

До проблем утилізації даного виду відходів відноситься токсичність креозоту. Токсичні хімічні речовини можуть проникати в ґрунт, завдаючи шкоди рослинам і мікроорганізмам. Токсини з креозоту також можуть потрапляти у підземні води, забруднюючи їх і шкодячи водним екосистемам.

Розглянемо стисло сучасні підходи щодо мінімізації виявлених основних проблем негативного впливу залізниць і рухомого складу на довкілля.

Система збирання нафтопродуктів на залізничних коліях вже активно застосовується в країнах Євросоюзу і демонструє свою ефективність. Ці системи забезпечують значний захист навколишнього середовища від забруднення, яке може виникати при перевезенні та обслуговуванні залізничного транспорту, що перевозить нафтопродукти.

Метод бетонування уступає системі збирання нафтопродуктів на залізничних коліях, хоча і є економічно вигідним, але тільки на перший погляд. Реальні витрати на монтаж, частий ремонт та складність експлуатації зрештою нівелюють початкову вигоду. Альтернативні системи збору нафтопродуктів, які вже довели свою ефективність у країнах Євросоюзу, пропонують більш надійні та економічно доцільні рішення, забезпечуючи кращий захист навколишнього середовища та зниження довгострокових витрат.

Проблему оновлення парку тепловозів можна вирішувати двома шляхами: за рахунок придбання за кордоном нових сучасних локомотивів або шляхом відновлення ресурсу існуючих тепловозів через проведення капітального ремонту з подовженням терміну служби або капітально-відновлювального ремонту з модернізацією та продовженням терміну служби.

Утилізація дерев'яних шпал, оброблених креозотом, є серйозною проблемою через їх токсичність і класифікацію як небезпечних відходів.

Піроліз, який використовується для термічного розкладання відпрацьованих дерев'яних шпал без доступу повітря з наступною дистиляцією кам'яновугільної олії, виявляється перспективним методом утилізації цих матеріалів. Цей процес відбувається в герметичних умовах, що дозволяє ефективно запобігти забрудненню довкілля і отримати економічну вигоду. Правильно організований технологічний процес піролізу забезпечує задоволення енергетичних потреб процесу, а також можливість використання надлишків тепла для технічних або побутових потреб. Такий підхід є важливим кроком у напрямку сталого використання ресурсів та зменшення викидів відпрацьованих матеріалів у середовище [2].

Вище зазначене свідчить про актуальність подальших досліджень та впровадження новітніх методів збору нафтопродуктів, утилізації дерев'яних б/в шпал та вдосконалення дизельного двигуна.

### **Перелік використаних джерел**

1. Рибіна О. І., Методичні особливості оцінки економічного збитку від впливу залізничного транспорту. *Механізм регулювання економіки*. 2012, Вип. № 3. С. 143-149. URL: [https://mer.fem.sumdu.edu.ua/content/acticles/issue\\_8/O\\_I\\_RybinaMethodological\\_features\\_of\\_estimates\\_of\\_economic\\_damage\\_from\\_the\\_impact\\_of\\_rail\\_transport.pdf](https://mer.fem.sumdu.edu.ua/content/acticles/issue_8/O_I_RybinaMethodological_features_of_estimates_of_economic_damage_from_the_impact_of_rail_transport.pdf) (дата звернення: 29.10.2024).

2. Відходи деревини, дерев'яні відходи. Екологіні Інвестиції. URL: <https://ecological.investments/vidxodi-derevini,-derevyani-vidxodi.html> (дата звернення: 29.10.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-162>

## PROSPECTS AND OBSTACLES TO THE IMPLEMENTATION OF HUMAN CENTRIC LIGHTING IN UKRAINE

### ПЕРСПЕКТИВИ І ПЕРЕШКОДИ НА ШЛЯХУ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ КОНЦЕПЦІЇ ОСВІТЛЕННЯ «HUMAN CENTRIC LIGHTING»

**Demchuk H.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Демчук Г.В.,**

*к.т.н.,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Kashtanov S.F.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, National Technical  
University of Ukraine «Igor Sikorsky  
Kyiv Polytechnic institute»,  
Kyiv, Ukraine*

**Каштанов С.Ф.,**

*к.т.н., Національний технічний  
університет України  
«Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна*

Безпечні та нешкідливі умови праці працівників сучасного підприємства в більшості випадків напряму залежать від оптимального освітлення робочого місця. Надмірне, або недостатнє освітлення протягом робочого дня може призводити до погіршення самопочуття працівника і стати причиною професійних захворювань зорового аналізатора. Особливо це стосується темного періоду доби, коли недостатність природнього освітлення потрібно компенсувати за рахунок використання штучних джерел освітлення.

Серед світових виробників штучних джерел світла набуває поширення концепція «Human centric lighting» (освітлення, орієнтоване на людину – HCL). Це концепція, за допомогою якої можна забезпечити емоційне благополуччя, комфорт, здоров'я та відповідно покращити продуктивність праці [1]. Результати досліджень факторів впливу штучного освітлення на сконцентрованість працівника під час виконання ним поставленої роботи показали значний вплив не лише величини освітленості на робочому місці, але і показника колірної температури джерел світла, яку визначено одиницях Кельвіна (K) [2].

Відомо, що найкраще самопочуття людини підтримуються завдяки теплим відтінкам світла (5000 К або нижче). Але теплі відтінки світла не завжди вірно передають кольоропередачу предметів що може суттєво вплинути на якість і безпеку роботи працівника в процесі виробництва продукції. Навпаки джерела штучного освітлення з більш холодним відтінками світла (вище 5000 К) протягом робочої зміни хоча і підвищують якість і безпеку працівника але водночас сприяють процесу психологічної втоми. Враховуючи ці особливості, можливо організувати відповідні комфортні умови праці протягом усієї робочої зміни за рахунок налаштування кольірних температур штучних джерел світла. Для створення комфортних умов праці в виробничому приміщенні, достатньо автоматично налаштувати штучне освітлення з кольірною температурою вище 5000 К (біле світло або холодне біле світло) коли технологічний процес вимагає точної кольоропередачі сировини і матеріалів, а в інших випадках використовувати штучне освітлення з кольірною температурою нижче 5000 К (тепле світло).

В загальному вигляді ця автоматизована система управління штучним освітленням може представляти собою інтелектуальне мережеву систему, з використанням одного чи декількох регіональних і одного центрального обчислюваних пристроїв. Налаштування цієї системи передбачається як в місцях розміщення регіональних пристроїв, так і в центральному комп'ютері за допомогою відповідного апаратно-програмного забезпечення. При цьому, система управління штучним освітленням дозволить забезпечити оптимальну освітленість кожного робочого місця за кількісними і якісними показниками освітлення. Крім того, даний підхід забезпечить економію енергії та дотримання відповідних будівельних норм.

Така система, як і будь-яке інше технологічне рішення, має відповідати діючим нормативним документам. До таких нормативних документів які врегульовують даний процес є стандарт контролю освітлення міжнародного рівня DALI (Digital Addressable Lighting Interface), який вперше був розроблений як стандарт у 2000 році [3]. Системи управління освітленням DALI є інтелектуальними, повністю регульованими та підконтрольними двосторонньому глобальному протоколу IEC 62386, розроблений Міжнародною електротехнічною комісією (МЕК; англ. International Electrotechnical Commission, IEC), який введено в Україні через національний стандарт ДСТУ EN IEC 62386-105:2022 Цифровий адресний інтерфейс освітлення. Частина 105. Особливі вимоги до апаратури керування та пристроїв керування.

Передавання мікропрограмного забезпечення (EN IEC 62386-105:2020, IDT; IEC 62386-105:2020, IDT).

Згідно цього стандарту до однієї дротової мережі може бути підключено до 64 незалежних пристроїв DALI, які містять додаткову інформацію про стан роботи інших пристроїв та здатні відправляти команди по всій мережі (увімкнути (вимкнути), зменшити (збільшити) рівень освітленості, змінити яскравість і колірну температуру джерел світла). Відмінною особливістю стандарту DALI є сумісність. Це дозволяє легко інтегрувати автоматизовану систему керування освітлення в інші системи автоматизації та управління будівлею (вентиляція, кондиціонування, опалення) об'єднуючи обладнання різних виробників та надаючи проєктувальникам широкий діапазон можливих варіантів організації освітлення для конкретного виробничого приміщення [3].

На шляху впровадження автоматизованих систем освітлення з урахуванням концепції HCL існує ряд перешкод які потрібно подолати.

По перше це інформаційні перешкоди, які пов'язані з недостатньою кількістю успішних прикладів реалізації в Україні концепції HCL на практиці. Це не дає можливість обрати найоптимальніший варіант для конкретних умов виробництва.

По друге це адміністративний бар'єр. Концепція HCL ще не достатньо адаптована до вимог державних будівельних норм ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення і потребує певної деталізації та вдосконалення за рахунок чітких інструкцій з впровадження на підприємствах систем управління освітленням. Крім того, як сама система, так і її компоненти включаючи програмне забезпечення потребує забезпечення сумісності з уже існуючими системами, для забезпечення взаємної підтримки протоколів роботи обладнання різних виробників.

По третє відсутність в Україні достатньої кількості кваліфікованих кадрів які мають досвід роботи з концепцією HCL (проєктувальників, інженерів, програмістів, консультантів з питань охорони праці, тощо).

І саме головне фінансові труднощі. Впровадження будь яких нових технологій завжди потребує значних попередніх інвестицій, залучення яких вимагає чіткого підтвердження переваг при впровадженні.

**Висновки.** Впровадження концепції HCL дозволить забезпечити покращення умов праці на кожному робочому місці. Але для її реалізації в Україні потрібно пройти значний шлях для подолання перешкод які гальмують цей процес. Адаптація цієї концепції в умовах сучасного

виробництва дозволить забезпечити значну економію енергії та збільшити ефективність роботи в різних сферах економіки України.

### **Перелік використаних джерел**

1. Kearney, A. Quantified Benefits of Human Centric Lighting. ZVEI and LightEurope. 2015.
2. Jusclen, H., & Tenner, A. Mechanism involved in enhancing human performance by changing the lighting in the industrial workplace. International Journal of industrial ergonomics. 2005. (35), 843-855.
3. Haefliger, S., & Baden-Fuller, C. Business Models and Technological Innovation. Long Range Planning. 2013. 46(6), 471-488.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-163>

## **FOUNDRY PRODUCTION OF UKRAINE ON THE WAY TO VICTORY AND THE POST-WAR DEVELOPMENT OF UKRAINE'S ECONOMY**

### **ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО УКРАЇНИ НА ШЛЯХУ ДО ПЕРЕМОГИ І ПОВОЄННИЙ РОЗБУДОВІ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ**

**Demchuk H.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Демчук Г.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Liutyi R.V.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
National Technical University  
of Ukraine «Igor Sikorsky  
Kyiv Polytechnic institute»,  
Kyiv, Ukraine*

**Лютій Р.В.,**

*д.т.н., Національний технічний  
університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна*

Основами розвитку української економіки є енергетика, машинобудування і аграрний комплекс. У свою чергу, їх головною заготівельною базою є металургійна промисловість. Україна, навіть у час війни за власне виживання проти терористичних нелюдів, займає одне із

провідних місць у світі з випуску продукції з чорних і кольорових металів. Зараз ця продукція є незамінною для оборонної промисловості, а в повоєнний час вона буде необхідною для розбудови більшості галузей економіки України, серед яких можна виділити літакобудування, суднобудування, енергетику та харчову промисловість.

Ливарне виробництво як одна із ключових складових металургійної промисловості виробляє близько 75 % усіх деталей з металів і сплавів. Для їх отримання використовують велику кількість наукомістких технологій, в тому числі комп'ютерних, які постійно вдосконалюються і потребують кваліфікованого обслуговування. Перед війною в Україні налічувалося понад 1400 цехів і дільниць ливарного виробництва.

Ливарне виробництво має свої власні задачі і є самостійною спеціальністю. Відповідно до цього, воно вимагає підготовки фахівців з фундаментальними та професійними знаннями, а в процесі навчання потребує окремої методології.

У більшості розвинених країн світу ливарне виробництво є окремою галуззю промисловості і окремим напрямом підготовки фахівців. В умовах воєнного часу та повоєнного відродження промисловості, а також переведення виробництва на європейські і світові стандарти, потреба у випускниках цієї спеціальності зростає в десятки разів, тому необхідно передбачити їх якісну підготовку в вищих навчальних закладах.

Що ми маємо на сьогодні? З 1991 р. до 2006 р. підготовку фахівців з ливарного виробництва здійснювали в рамках галузі «Металургія». Визначним рішенням МОН України в 2006 р. було створення системи напрямів вищої освіти, таких як:

- 6.050401: Спеціальна металургія (для підготовки бакалаврів);
- 6.050402: Ливарне виробництво (для підготовки бакалаврів);
- 6.050403: Інженерне матеріалознавство (для підготовки бакалаврів);
- 7.050403: Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів (для підготовки спеціалістів);
- 8.050403: Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів (для підготовки магістрів).

Таким чином, ливарне виробництво було виділено в окремий напрям підготовки, а навчання магістрів передбачало додаткове отримання фаху із різних спеціалізацій – «Художнє та ювелірне литво», «Технологія виготовлення литих стоматологічних та ортопедичних протезів», «Комп'ютерні технології в ливарному виробництві».

У 2015 р., незважаючи на те, що в Україні відбулися важливі демократичні перетворення (було видалено революційним шляхом злочинну «владу», підпорядковану москві) почали здійснюватися реформи, які сформували негативну траєкторію для існування науки і освіти. Скорочення галузей освіти та переліку спеціальностей негативно

вдарило по усім вищим навчальним закладам та системі освіти в цілому. Ливарне виробництво як окремий напрямок підготовки зникло із переліку. Крім цього, його навіть не визнали окремою спеціальністю. Станом на 2024 рік воно існує в рамках спеціальності 136 «Металургія». Відповідно до цього, спеціалізації зникли з переліку взагалі.

Хоча подібне «укрупнення» галузей знань і спеціальностей, є необхідним для інтеграції у європейський та світовий освітній простір. Однак по дорозі до подібної інтеграції ми втрачаємо найцінніше – те, чим славиться українська наука і освіта.

Для підтвердження історичної ролі та цивілізаційної місії ливарного виробництва проведемо простий аналіз фактів. Історію ливарного виробництва прийнято розглядати з двох позицій.

**Позиція 1.** До XIX ст. не існувало більш-менш чіткої спеціалізації галузей промисловості. З наведеного часу, у зв'язку із швидким розвитком окремих галузей і появою нових, необхідність їх класифікації стала очевидною. Машинобудування об'єднало в собі багато галузей, однією з яких є металургія. Металургія є галуззю більш розширеною, ніж литво, тому що включає в себе ряд процесів перероблення сировини, а також отримання готової продукції з металів способами, які відрізняються від литва. Ливарному виробництву відведено окреме місце в загальній галузі «Металургія».

Що стосується наукового наповнення, то ливарне виробництво базується на таких фундаментальних науках, як фізика, хімія, математика та деякі інші, які виникли досить давно. Також теоретична база ливарного виробництва застосовує знання із більш нових наук – теоретична і прикладна механіка, матеріалознавство, фізична хімія. Внаслідок симбіозу фундаментальних наук сформувались спеціалізовані, але теоретично наповнені ливарні напрями: теорія ливарних процесів, технологія ливарної форми; сталеве, чавунне, кольорове литво та інші. Ці навчальні дисципліни (або на сьогодні «освітні компоненти»), без яких неможливо уявити підготовку інженерів-ливарників у жодному закладі вищої освіти, з'явилися в середині XX ст.

Згідно наведених фактів, ливарне виробництво можна вважати однією з молодих, глибоко спеціалізованих окремих галузей науки і промисловості.

**Позиція 2.** Ливарне виробництво, як відомо, виникло ще в 5...7 тисячолітті до Р. Х. В такому разі яким чином такий древній фах, поступово розвиваючись, досяг такого незavidного місця в загальній класифікації професій?

Після уважної оцінки наявної на сьогодні класифікації стає очевидним, що металургія як окрема галузь не могла існувати в той час, коли ливарному виробництву було вже декілька тисяч років, і тоді ще не

існувало ніякого машинобудування. Ливарне виробництво у всі часи розвитку цивілізації існувало, і воно завжди мало великий попит.

Що стосується фундаментальних наук, на базі яких зараз розвивається литво, то їх поява запізнилася на багато тисячоліть по відношенню до нього. Таким чином можна встановити, що ливарне виробництво є основою основ, одним із найважливіших двигунів суспільного прогресу і розвитку цивілізації, історії науки в цілому.

Отже, позиціонування ливарного виробництва як лише частини окремої спеціальності, яка входить в окрему галузь знань, є принципово невірним. Але для того, щоб довести світові і в першу чергу українським посадовцям цей факт, потрібно представити вагомі результати. Результати проведеного нами статистичного аналізу беззаперечно свідчать про масштаби і багатогранність наукової спеціальності «Ливарне виробництво».

Нижче наведено перелік наукових напрямів, за якими здійснюються дослідження в галузі ливарного виробництва. Протягом 1950 – 2024 років за кожним із наведених напрямів надруковано (тільки в СРСР і Україні) більше 100 наукових статей. Обмеженість світових наукометричних баз, на жаль, не дає змогу провести більш глобальний аналіз. В переліку наукових напрямів вказано відносну кількість публікацій по кожному з них:

1. Устаткування ливарних цехів – 6,93%.
2. Формувальні та стрижневі суміші – 5,84%.
3. Чавунне литво – 5,42%.
4. Економіка і організація виробництва – 4,42%.
5. Технології виготовлення конкретних деталей – 4,10%.
6. Технологія ливарної форми та ливникові системи – 4,04%.
7. Історія та історичні особистості – 3,82%.
8. Автоматизація виробничих процесів – 3,65%.
9. Властивості металів і сплавів – 3,37%.
10. Виробництво виливків із чавуну з кулястим графітом – 3,28%.
11. Металографія, хімічний та спектральний аналіз – 2,99%.
12. Екологія, регенерація, перероблення відходів – 2,78%.
13. Лиття за моделями, що витоплюють – 2,50%.
14. Оснащення та інструменти – 2,47%.
15. Лабораторні та дослідницькі пристрої – 2,39%.
16. Алюмінієві сплави – 2,35%.
17. Стале литво – 2,12%.
18. Вагранковий процес – 2,03%.
19. Теорія ливарних процесів – 2,01%.
20. Виробництво виливків із легованих сталей – 1,98%.
21. Ущільнення формувальних та стрижневих сумішей – 1,89%.
22. Математичне та комп'ютерне моделювання – 1,80%.
23. Стандартизація та контроль якості продукції – 1,65%.

24. Лиття під тиском – 1,65%.
25. Кокільне лиття – 1,65%.
26. Відцентрове лиття – 1,56%.
27. Термічне оброблення деталей – 1,29%.
28. Фінішні операції оброблення виливків – 1,27%.
29. Різне (статті, які неможливо віднести до однієї з категорій) – 1,22%.
30. Протипригарні фарби та покриття – 1,19%.
31. Спеціальні сплави – 1,19%.
32. Спеціальні та особливі способи лиття – 1,15%.
33. Електричні плавильні печі – 1,11%.
34. Обчислювальна техніка та електроніка – 1,11%.
35. Ринок металів, сплавів, торгівля тощо – 1,05%.
36. Біметалева та композиційне литво – 1,04%.
37. Виробництво виливків із легованих чавунів – 0,96%.
38. Мідні сплави – 0,93%.
39. Газові дефекти литих деталей – 0,93%.
40. Вогнетриви, шлаки та флюси – 0,90%.
41. Технології струмів високої частоти, ультразвуку тощо – 0,84%.
42. Інноваційні технології в ливарному виробництві – 0,81%.
43. Безперервне лиття – 0,74%.
44. Художнє та ювелірне литво – 0,71%.
45. Вакуумні технології – 0,68%.
46. Лиття за моделями, що газифікуються – 0,65%.
47. Виправлення дефектів виливків – 0,62%.
48. Позапічне оброблення і розливання розплавів – 0,45%.
49. Спеціальна металургія – 0,41%.
50. Лиття в оболонкові форми – 0,37%.
51. Магнієві сплави – 0,32%.
52. Фільтрування та очищення розплавів – 0,31%.
53. Лиття із неметалевих матеріалів (камінь, пластмаса тощо) – 0,26%.
54. Особливі способи машинної формовки, в т. ч. безопочної – 0,25%.
55. Цинкові та інші легкі сплави – 0,21%.
56. Поверхнєве легування деталей – 0,19%.
57. Прототипування, стереолітографія та адитивні технології – 0,15%.
58. Конверторний процес – 0,14%.
59. Термодинаміка – 0,13%.
60. Виробництво феросплавів – 0,10%.
61. Монокристали та нанотехнології – 0,06%.
62. Пінометали – 0,03%.

Лише деякі галузі науки, освіти та світової економіки можуть порівнятися за масштабами та глибиною теоретичної та практичної бази

із ливарним виробництвом, а тому в майбутньому необхідно зробити все можливе, щоб воно повернуло собі лідерство як окрема галузь освіти і науки. Це спільне завдання науковців, освітян, промисловців та керівних органів України.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-164>

## THEORETICAL PRINCIPLES OF FORECASTING OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY INDICATORS

### ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ОХОРОНИ ПРАЦІ

**Kruzylko O.Ye.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Кружилко О.Є.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Volodchenkova N.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Володченко Н.В.,**

*к.т.н., доцент  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Zabolotnii O.M.,**

*Head of the occupational health  
and safety department,  
PJSC “Kamet-Stal”, Kamianske,  
Ukraine, Student (group 263-23-IM),  
LLC “Metinvest polytechnic  
technical university”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Заболотній О.М.,**

*начальник відділу охорони праці  
ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»,  
м. Кам'янське, Україна, студент  
групи 263-23-ІМ  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Забезпечення безпеки праці є одним з пріоритетів сучасного підприємства. Використання традиційних методів управління охороною праці, заснованих на статистичному аналізі даних, залишається важливим елементом системи управління охороною праці підприємства. Методи прогнозування останнім часом активно застосовуються як додатковий інструмент для обґрунтованого планування заходів з попередження нещасних випадків та зниження рівня небезпек. Це сприяє більш гнучкому та дієвому реагуванню на можливі загрози, особливо в умовах, де традиційні методи обмежені або недостатні.

Методи, що використовуються для прогнозування показників охорони праці можна систематизувати за двома основними аспектами:

ступінь суб'єктивізму та ступінь формалізації структури аналізу, отже, розглядаються дві групи методів – суб'єктивні та об'єктивні, а також група комбінованих методів.

Простіші методи прогнозу засновані на суб'єктивному підході, коли прогноз виконується однією особою. Суб'єктивні методи припускають використання прогнозних процедур, які не мають в своєму складі визначених форм й алгоритмів. Ці методи визначаються та реалізуються особою, що здійснює прогноз. У цьому випадку прогноз є результатом розумової діяльності цієї особи, а точність такого прогнозу визначається рівнем компетентності її поінформованості цієї особи, досвідом вирішення аналогічних задач тощо. Серед суб'єктивних методів прогнозування, як найбільш розповсюджені, розглядаються інтуїтивні методи.

Інтуїтивні методи – це способи прийняття рішень та прогнозування, які базуються не лише на явних, обґрунтованих даних, а й на суб'єктивних відчуттях, передчуттях та підсвідомих знаннях, які набуті внаслідок практичного досвіду. Цей підхід знаходить застосування у сферах, де рішення мають прийматися швидко, а обсяг даних для аналізу та побудови моделей обмежений. У сфері безпеки праці інтуїція допомагає фахівцям передбачити можливі сценарії ризиків та оцінити небезпеку ситуацій.

Основні види інтуїтивних методів: експертні оцінки (використання знань і досвіду фахівців для оцінки ризиків), метод аналогій (прогнозування ризиків на основі досвіду з подібних ситуацій), інтуїтивне передбачення (підхід, коли спеціаліст, на основі особистого досвіду та інтуїції, визначає найбільш імовірні загрози).

Переваги інтуїтивних методів у сфері безпеки праці:

- швидкість прийняття рішень. Коли важливі дані можуть бути відсутні, інтуїтивний підхід дозволяє швидко приймати рішення;
- орієнтація на досвід. Досвідчені спеціалісти можуть враховувати не тільки реальні ситуації, а також брати до уваги потенційно можливі, з якими вони стикаються в повсякденній роботі.
- гнучкість. Інтуїтивний метод дозволяє адаптуватися до непередбачуваних ситуацій, використовуючи особисті знання та досвід;
- ефективність у нових та незнайомих умовах (наприклад, при впровадженні нових технологій інтуїція допомагає спеціалістам передбачати небезпеку, яку важко оцінити за допомогою традиційних методів).

Об'єктивні методи прогнозу передбачають використання математичних моделей, які дозволяють встановити функціональні закономірності вихідних параметрів (показників) від множини вхідних параметрів (чинників). Застосування методу прогнозування зумовлено наявністю інформаційної бази. Крім того, існує множина задач

прогнозування, які неможливо вирішити суб'єктивними методами, без наявності спеціальних прикладних програм.

Отже, інтуїтивні методи прогнозування дозволяють керівникам та спеціалістам оперативно реагувати на загрози, орієнтуючись не тільки на результати аналізу статистичних даних, формальні методики, а й на власний досвід. Для досягнення максимальної ефективності інтуїтивні методи слід застосовувати разом із традиційними, забезпечуючи цілісну систему управління охороною праці на основі прогнозування основних показників, зокрема професійних – ризиків та виробничих небезпек. Таке поєднання допоможе знизити рівень небезпек та підвищити рівень захисту працівників у сучасних виробничих умовах.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-165>

## PECULIARITIES OF ATTESTATION OF WORKPLACES OF A MINING ENTERPRISE

### ОСОБЛИВОСТІ АТЕСТАЦІЇ РОБОЧИХ МІСЦЬ ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Maistrenko V.V.,**

*PhD (Engineering),  
LLC “Metinvest polytechnic  
technical university”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Майстренко В.В.,**

*к.т.н.,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Repin M.V.,**

*PhD (Engineering),  
LLC “Metinvest polytechnic  
technical university”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Репін М.В.,**

*к.т.н.,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Гірничі підприємства України характеризуються наявністю великої кількості робочих місць, де технологічні процеси, обладнання, сировина та матеріали є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть негативно впливати на стан здоров'я працівників в процесі виробництва.

Для визначення ступеню шкідливості умов праці чинне законодавство пропонує роботодавцю проводити атестацію робочих місць за умовами праці [1]. Відповідно до Закону України «Про охорону праці» основна мета проведення атестації полягає у «регулюванні

відносин між роботодавцем і працівниками у галузі реалізації прав на здорові й безпечні умови праці, пільгове пенсійне забезпечення, пільги та компенсації за роботу у несприятливих умовах» [1].

Для гірничих підприємств атестація проводиться на робочих місцях, визначених у Списку № 1 розділ II і у Списку №2 розділів I та II Постанови КМУ від 24 червня 2016 р. № 461 «Про затвердження списків виробництв, робіт, професій, посад і показників, зайнятість в яких дає право на пенсію за віком на пільгових умовах» у редакції Постанови КМУ № 886 від 06.08.2024.

Атестація робочих місць передбачає [2]:

- визначення факторів і причин виникнення несприятливих умов праці;
- санітарно-гігієнічне дослідження факторів виробничого середовища, важкості й напруженості трудового процесу на робочому місці;
- визначення ступеня шкідливості й небезпечності праці та її характеру за гігієнічною класифікацією;
- обґрунтування віднесення робочого місця до категорії із шкідливими (особливо шкідливими), важкими (особливо важкими) умовами праці;
- визначення права працівників на пільгове пенсійне забезпечення за роботу у несприятливих умовах;
- складання переліку робочих місць, виробництв, професій та посад з пільговим пенсійним забезпеченням працівників підприємства;
- аналіз реалізації технічних і організаційних заходів, спрямованих на оптимізацію рівня гігієни, характеру і безпеки праці.

Використання результатів атестації робочих місць в першу чергу повинно бути направлено на встановлення розміру небезпек на робочих місцях та визначення заходів на їх усунення. Реалізація таких заходів дозволить роботодавцю не тільки підвищити безпеку праці на робочому місці, а і у випадках, коли умови праці можливо привести у відповідність до вимог чинного законодавства, зменшити розміри пільг та компенсацій за роботу в шкідливих умовах праці. Це дозволить роботодавцю зменшити витрати виробництва і кошти, які вивільняться, направити на підвищення безпеки виробництва.

Якщо роботодавець не проведе атестацію, то наслідком цього буде:

- підприємство несе затрати на виплату компенсацій і надання гарантій працівникам за результатами попередньої атестації і при перевірці інспекторами Держпраці можуть виникнути питання з приводу правомірності таких виплат та з оподаткуванням таких виплат;

– якщо підприємство не надаватиме працівникам компенсації за роботу в шкідливих умовах праці, то вони можуть звернутися до суду і вимагати відшкодування матеріального і морального збитку. Крім того це дає підставу працівнику розривати трудовий договір за власним бажанням без відпрацювання двотижневого строку (ч. 3 ст. 38 КЗпП) [3];

– керівник підприємства, може бути притягнений до адміністративної відповідальності у вигляді сплати штрафу згідно ч. 1 ст. 1 КУпАП [4] щодо порушення терміну проведення атестації робочих місць за умовами праці та порядку її проведення.

Постановою Кабінету міністрів України від 30.06.2023 №660 внесені зміни до Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці щодо її проведення в умовах військового стану. За таких умов роботодавець своїм рішенням, погодженим з профспілкою може перенести термін проведення атестації, строк проведення якої настав під час військового стану. У такому випадку атестацію необхідно буде проводити протягом шести місяців з дня припинення чи скасування воєнного стану в Україні а результати атестації, проведеної до введення воєнного стану в Україні, продовжують діяти та використовуються до проведення наступної атестації у визначені строки [5].

Проведення атестації за умовами праці – це можливість створення безпечних умов праці на робочих місцях та забезпечення належного рівня соціального захисту працівників – надання пенсій за віком на пільгових умовах, інших пільг та компенсацій. Дані, отримані в процесі проведення атестації робочих місць за умовами праці дозволяють створити інформаційну базу для розроблення і реалізація організаційних, технічних, економічних заходів щодо поліпшення умов праці.

### **Перелік використаних джерел**

1. Закону України «Про охорону праці».
2. Постанова КМУ від 24 червня 2016 р. № 461 «Про затвердження списків виробництв, робіт, професій, посад і показників, зайнятість в яких дає право на пенсію за віком на пільгових умовах» (у редакції Постанови КМУ № 886 від 06.08.2024).
3. Кодекс законів про працю України.
4. Кодекс України про адміністративні правопорушення
5. Постановою Кабінету міністрів України від 30.06.2023 №660 «Про внесення зміни до пункту 4 Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці»

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-166>

## FEATURES OF IMPLEMENTING NPAP TO THE STANDARDS OF AN ENGINEERING COMPANY

## ОСОБЛИВОСТІ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ НПАОП ДО СТАНДАРТІВ ІНЖИНІРИНГОВОЇ КОМПАНІЇ

**Merkulov S.V.,**

*Student (group 263-23-1m),  
LLC "Metinvest polytechnic  
technical university",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Меркулов С.В.,**

*здобувач освіти, група 263-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У будівництві відзначається високий відсоток нещасних випадків на виробництві, а на будівельних майданчиках, як правило, використовується праця різних підрядних і субпідрядних організацій. Потужним стимулом для застосування СУОП/Стандартів у цій галузі є можливість впровадити єдиний шаблон для всіх сторін, зайнятих на майданчику, з метою уніфікації планування, реалізації та контролю за дотриманням вимог ОП, а також створити основу для контролю за ефективністю системи.

Формування та розвиток системи управління охороною праці інжинірингової компанії відбувається під впливом чинників розвитку її діяльності. На чинники інжинірингового менеджменту має вплив організаційна структура управління компанією загалом та організаційна структура управління інжиніринговою діяльністю.

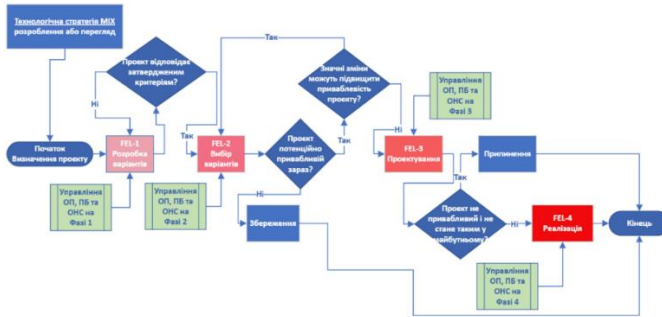
Відповідно до характеру діяльності організації має бути розроблено та надано всім членам організації документацію щодо системи управління охороною праці та промислової безпекою, щоб керівництво і співробітники повністю розуміли свої обов'язки та відповідальність, а також те, як здійснюється управління охороною праці та промислової безпекою на проєктах.

**Чому готовий стандарт не взяти і застосувати?** Відповідно до Політики Холдингу в галузі охорони праці, здоров'я та довкілля, затвердженої у 2013 р., розроблено Стандарт, що встановлює єдині вимоги для підприємств Холдингу щодо управління ОП, ПБ та ОГС під час здійснення інвестиційних проєктів.

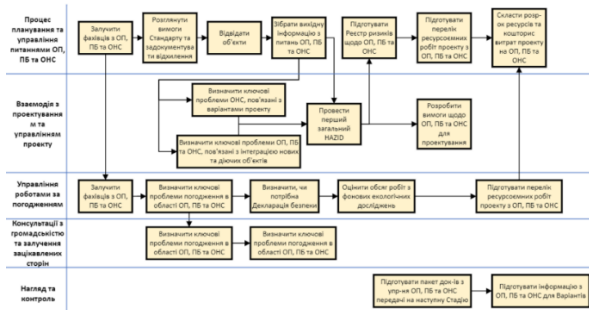
Бізнес процеси управління ОП, ПБ та ОНС під час реалізації проєктів, викладені в Регламенті реалізації стратегічних інвестиційних проєктів

(рис. 1) та Стандарті «Управління ОП, ПБ та ОНС під час здійснення інвестиційних проектів» (рис. 2) (внутрішні документи Холдингу) не є вичерпними, містять загальний підхід до процесів керування ОП та ПБ.

Мета перелічених Стандартів – забезпечити дотримання вимог у сфері ОП, ПБ та ООС законодавства України, спеціальних вимог міжнародних фінансових організацій, а також сприяти застосуванню передової міжнародної практики під час здійснення інвестиційних проектів.



**Рис. 1. Блок-схема бізнес процесів MCC «AS IS – ЯК Є» побудована автором на підставі Регламенту реалізації стратегічних інвестиційних проектів**

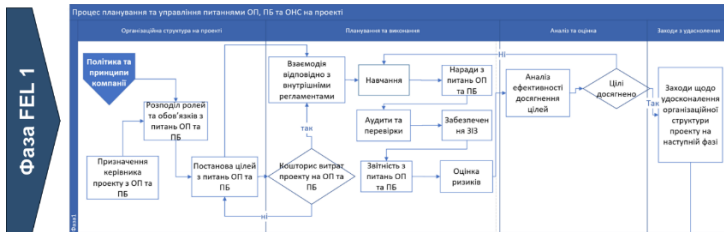


**Рис. 2. Схема процесу управління ОП, ПБ та ОНС на Фазі 1 (FEL-1) «AS IS – ЯК Є» побудований автором на підставі внутрішніх документів**

З моменту прийняття (затвердження) стандарту законодавство України зазнало значних змін. Ратифіковані міжнародні конвенції, директиви, набули чинності НПАОП які є обов'язковими до впровадження та виконання.

До впровадження Стандарту Інжиніринговою компанією запропонована Стандартами Холдингу на проектах система управління охороною праці та промисловою безпекою та відповідні вимоги до керування ОП та ПБ мають бути оцінені, шляхом проведення аналізу функціонування керуючих підсистем, наприклад «Планування та управління питаннями ОП, ПБ та ОНС» (рис. 3), на відповідність актуальним Законодавчим вимогам, та провести аналіз досліджень поведінки підсистем у випадках часткової та повної відмови елементу.

У разі не відповідності або наявності відхилень у системі управління охороною праці та промисловою безпекою на проекті розробка та впровадження стандарту компанії повинно послужити основою для створення досконалої системи управління ОП та ПБ та підвищити її ефективність функціонування в рамках конкретної організації або проекту.



**Рис. 3. Структура керуючої підсистеми «Планування та управління питаннями ОП, ПБ та ОНС»**

Розробка Стандарту управління охороною праці та промислової безпеки компанії спрямована допомогти організувати ефективний менеджмент при реалізації інвестиційного проекту та забезпечити відповідність компанії актуальним вимогам законодавства України у сфері охорони праці, виявлення потенційних ризиків та удосконалення робочих процесів з метою підвищення ефективності управління Інжиніринговою компанією в питаннях охорони праці, профілактики травматизму та професійних захворювань на етапах реалізації пакету/

декількох інвестиційних проєктів та на постійне поліпшення показників ОП та ПБ.

Стандарт компанії з управління охороною праці та промислової безпеки при реалізації інвестиційного проєкту значно спростить отримання чіткого уявлення про процеси в охороні праці і промислової безпеки в організації. Кінцевою метою впровадження Стандарту управління безпекою є визначення систематичного підходу до управління ризиками в галузі охорони здоров'я та безпеки на робочому місці під час реалізації інвестиційного проєкту.

Впровадження Стандарту передбачається Управлінням з охорони праці, промислової безпеки та охорони навколишнього середовища при реалізації інвестиційного проєкту компанії в наявних дирекціях.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-167>

## INTERNATIONAL EXPERIENCE OF THE ORGANIZATION FOR THE PROTECTION OF THE POPULATION FROM EMERGENCY SITUATIONS ON THE EXAMPLE OF JAPAN

### МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ЯПОНІЇ

**Miniailo D.O.,**

*Student (group 183-22-1),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Міняйло Д.О.,**

*студентка гр. 183-22-1,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Японія** стикається з численними природними катастрофами, такими як землетруси, тайфуни та цунамі, що обумовлено її географічним розташуванням на стику чотирьох основних тектонічних плит: Тихоокеанської, Північноамериканської, Євразійської та Філіппінської [1]. Країна також має високий ризик цунамі через наявність підводних розломів поблизу її узбережжя [1]. **Великий Східнояпонський землетрус 2011 року** був однією з найбільших катастроф у сучасній історії країни: землетрус магнітудою 9 балів забрав понад 20 000 життів і призвів до серйозних пошкоджень, включаючи ядерну аварію на АЕС

"Фукусіма [1]. Ця подія підкреслила важливість надійних, гнучких та швидко адаптивних систем управління катастрофами, здатних ефективно мінімізувати наслідки таких катастроф, а також підвищити рівень безпеки та готовності до будь-яких можливих ризиків [1].

Агентство з боротьби з пожежами та стихійними лихами (FDMA) відіграє центральну роль в системі національної безпеки Японії [2]. Це ключова організація, яка відповідає за планування, підготовку та оперативне реагування на надзвичайні ситуації різного масштабу та характеру [2]. Завдяки довготривалій політиці щодо зменшення ризиків стихійних лих, FDMA розробляє системи, які сприяють захисту населення, покращенню стандартів безпеки та забезпеченню координації між різними рівнями влади [3]. На додаток до внутрішніх обов'язків, FDMA часто залучається до міжнародних заходів з надання допомоги постраждалим країнам, обміну досвідом та підвищення стандартів безпеки в міжнародній спільноті [3].

**У сфері управління пожежною безпекою та ліквідації наслідків катастроф** FDMA відповідає за координацію між національними та місцевими органами, розробку національних стандартів безпеки, регулярні інспекції на об'єктах підвищеної небезпеки, включаючи нафтохімічні підприємства [3]. Це агентство також активно співпрацює з місцевими урядами для забезпечення своєчасної евакуації населення та ефективного управління операціями на місцях [3]. Природні лиха значної інтенсивності трапляються в Японії з великою частотою. Тайфун "Хагібіс" 2019 року, землетрус у префектурі Фукусіма 2022 року, спричинили значні руйнування та економічні втрати, а нещодавній землетрус в префектурі Ісікава 2024 року вкотре нагадав про постійні ризики для населення [4,5,6].

Основною місією FDMA є **захист громадян Японії** через створення та підтримку потужної системи протипожежної безпеки, а також системи запобігання надзвичайним ситуаціям [7]. Управління пожежною безпекою розподіляється на три рівні: на національному рівні FDMA займається плануванням та розробкою системи, префектурні органи влади координують та підтримують діяльність муніципалітетів, а муніципальні адміністрації безпосередньо реалізують заходи безпеки [7]. Такий багаторівневий підхід дозволяє оперативно реагувати на різні ситуації та уникати значних втрат [7]. Система попередження пожеж у Японії, відповідно до Закону про пожежну службу, вимагає застосування заходів для запобігання пожежам під час будівництва й експлуатації будівель [7]. Це включає призначення керівників пожежної безпеки, створення планів будівель із характеристиками пожежної безпеки за допомогою програмного забезпечення, а також встановлення локальних стандартів для безперебійного проведення заходів із попередження, евакуації та протипожежного захисту [7].

Японія приділяє особливу увагу **навчанню населення** щодо дій у надзвичайних ситуаціях. Основи безпеки викладаються в школах, де діти навчаються правильно поводитися під час катастроф, що підвищує загальний рівень готовності громадян. Крім того, у багатьох японських домогосподарствах є мінімальні засоби пожежогасіння, такі як вогнегасники, а готелі та громадські установи забезпечені захисними касками з вбудованими ліхтариками [8]. Система раннього оповіщення є ще однією важливою частиною підготовки до катастроф: національний мовник NHK оперативно інформує громадян через телебачення, радіо та інтернет-платформи в разі наближення стихійного лиха, дозволяючи мешканцям вчасно підготуватися [8]. NHK оповіщає аудиторію про природну катастрофу дуже швидко у поєднанні з Японським метеорологічним агентством (JMA), яке аналізує дані від сейсмометрів, розміщених по всій території Японії [8]. Важливу роль у підготовці населення до надзвичайних ситуацій відіграють симулятори [9]. Це інтерактивні центри й спеціальні пристрої, які дозволяють людям випробувати моделювання різних катастроф і навчитися діяти під час них. Найпоширеніші симулятори включають навчання щодо дій під час землетрусів, пожеж, тайфунів і цунамі [9]. Одним з найвідоміших таких центрів є Парк запобігання катастрофам, що знаходиться в Токіо [9].

Японія має одну з найрозвиненіших систем забезпечення безпеки населення [10]. Вони використовують різноманітні підходи та методи для мінімізації ризиків та максимального захисту населення від надзвичайних ситуацій. Країна має розвинену систему громадських притулків, які можуть бути використані у випадку надзвичайних ситуацій, а також здатність евакуювати населення в разі потреби [10].

Координацію на всіх рівнях під час надзвичайних ситуацій забезпечує Центральна рада з питань захисту від лих, очолювана прем'єр-міністром Японії [11]. Основні завдання ради включають планування заходів захисту від лих і контроль за їх виконанням державними, громадськими, напівдержавними та приватними організаціями, розробка та впровадження основного плану захисту від лих і заходів для надзвичайних ситуацій, моніторинг сейсмічної активності та екологічного стану об'єктів, удосконалення нормативно-правової бази з питань захисту від лих [11]. В період надзвичайної ситуації або настання великого лиха, на базі Центральної ради створюються Центральний штаб з ліквідації наслідків лиха або Центральний штаб щодо негайних заходів в умовах надзвичайної ситуації (в залежності від характеру і масштабів лиха) [11].

Таким чином, **Японія** є прикладом ефективною та систематичною підготовки до стихійних лих. Її досвід та багаторівнева система управління ризиками можуть слугувати цінним орієнтиром для інших країн, що прагнуть підвищити рівень національної безпеки та зменшити наслідки стихійних лих. Діяльність FDMA та інших органів цивільного

захисту сприяє зменшенню наслідків природних і техногенних катастроф, а також підвищує рівень обізнаності та готовності населення.

### Перелік використаних джерел

1. Чому Японія є чемпіоном у світі за кількістю землетрусів? URL: <https://reporter.zp.ua/chomu-yaponiya-ye-chempionom-u-sviti-za-kilkistyuzemletrusiv-clh.html> (дата звернення 28.09.2024)
2. FDMA: Fire and Disaster Management Agency | 英語版ページ | 総務省消防庁. URL: <https://www.fdma.go.jp/mission#nationalprotection> (дата звернення 28.09.2024)
3. Говорун С.В. Державне управління у сфері забезпечення пожежної безпеки в Україні: аспекти інституційного розвитку. URL: [https://www.researchgate.net/profile/SergiiGovorun/publication/338403007\\_Govorun\\_SV\\_2019\\_Public\\_administration\\_in\\_the\\_field\\_of\\_fire\\_safety\\_in\\_Ukraine\\_aspects\\_PhD\\_Thesis/links/5e130234299bf10bc3929c64/Govorun-SV-2019\\_Public-administration-in-the-field-of-fire-safety-in-Ukraine-aspects-PhD\\_Thesis.pdf](https://www.researchgate.net/profile/SergiiGovorun/publication/338403007_Govorun_SV_2019_Public_administration_in_the_field_of_fire_safety_in_Ukraine_aspects_PhD_Thesis/links/5e130234299bf10bc3929c64/Govorun-SV-2019_Public-administration-in-the-field-of-fire-safety-in-Ukraine-aspects-PhD_Thesis.pdf) (дата звернення 28.09.2024)
4. Typhoon Hagibis in Japan – Activations – International Disasters Charter. URL: <https://disasterscharter.org/ru/web/guest/activations/-/article/storm-hurricane-urban-in-japan-activation-625-> (дата звернення 28.09.2024)
5. The Mw 7.3 Fukushima, Japan Earthquake of 16 March 2022. URL: <https://riskfrontiers.com/insights/the-mw-7-3-fukushima-japan-earthquake-of-16-march-2022-2/> (дата звернення 28.09.2024)
6. Asian Disaster Reduction Center (ADRC). URL: [https://www.adrc.asia/view\\_disaster\\_en.php?Lang=en&Key=2653](https://www.adrc.asia/view_disaster_en.php?Lang=en&Key=2653) (дата звернення 29.09.2024)
7. Говорун, С. В. Державне управління у сфері пожежної безпеки : Досвід для України. URL <https://nvdu.undicz.org.ua/index.php/nvdu/article/download/35/29/51> (дата звернення 29.09.2024)
8. Прошин І. Аналіз закордонного досвіду із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру. URL: <https://fire-journal.ck.ua/index.php/fire/article/view/111/90> (дата звернення 30.09.2024)
9. The Tokyo Rinkai Disaster Prevention Park | 1F Experience center. URL: <https://www.tokyorinkai-koen.jp/en/1f/> (дата звернення 29.09.2024)
10. Мурашов Г. І., Ковтун А. І. Роль держави в забезпеченні безпеки населення під час надзвичайних ситуацій та катастроф. URL: <https://confprocproc.iee.kpi.ua/article/view/281895> (дата звернення 30.09.2024)
11. Central Disaster Prevention Council. URL: [https://japan.kantei.go.jp/policy/index/bousai/index\\_e.html](https://japan.kantei.go.jp/policy/index/bousai/index_e.html) (дата звернення 30.09.2024)

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-168>

**FEATURES OF THE PRACTICAL APPLICATION  
OF THE OSHA VISUAL INSPECTION TRAINING GAME PLAY  
TOOL FOR IDENTIFICATION OF HAZARDS**

**ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ У ПРАКТИЦІ  
ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕБЕЗПЕК ІНСТРУМЕНТУ OSHA VISUAL  
INSPECTION TRAINING GAME PLAY**

**Repin M.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnics”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Репін М.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Cheberiachko Yu.I.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnics”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко Ю.І.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Alekseeva M.M.,**

*Student (group 263-22-1),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnics”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Алексєєва М.М.,**

*студент гр. 263-22-1,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Ідентифікація небезпек на робочому місці є критично важливим аспектом забезпечення безпеки працівників, а інструмент OSHA Visual Inspection Training Game Play демонструє ряд особливостей, які роблять його ефективним у цій галузі. По-перше, інтерактивний характер цього навчального інструменту активно залучає учасників до процесу навчання, що суттєво завершує їхню здатність запам'ятовувати та отримувати отримані знання

Використання візуалізації небезпеки дозволяє учасникам взаємодіяти з реалістичними сценаріями, які відображають умови, які можуть виникнути на робочому місці. Це важливо для формування глибокого розуміння того, як різні небезпеки можуть проявлятися в конкретних аспектах. Після проходження гри учасники підтримують детальний зворотний зв'язок щодо своїх рішень, що покращують самооцінку та ідеальний навичок у сфері безпеки.



**Рис. 1 Загальний вигляд  
OSHA VISUAL INSPECTION TRAINING GAME PLAY**

Крім того, гнучкість даного інструменту дозволяє використовувати його в різних навчальних контекстах – як у традиційних класних кімнатах, так і в онлайн-форматах, що робить його доступним для ширшої аудиторії. Важливою особливістю є також можливість проведення гри в групах, що стимулює командну роботу, обговорення та обмін досвідом між учасниками, підвищуючи колективну свідомість про безпеку.

Не менше є й той факт, що учасники мають можливість практично відпрацьовувати навички виявлення небезпек у безпечному середовищі, що знижує ризик помилок у реальних ситуаціях. Завдяки вашій адаптивності інструмент може бути налаштований під спеціальні потреби різних галузей, що робить його універсальним для застосування в різних сферах діяльності.



**Рис. 2 Практика ідентифікації небезпек**

Отже, застосування OSHA Visual Inspection Training Game Play у навчальному процесі з ідентифікації небезпечно є ефективним способом підвищення обізнаності працівників щодо питань безпеки, розвитку критичного мислення та формування основного навичка для забезпечення безпечних умов праці.

#### **Перелік використаних джерел**

1. OSHA Visual Inspection Training Game Play. URL: [www.osha.gov/hazfinder](http://www.osha.gov/hazfinder)

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-169>

**ANALYSIS OF HARMFUL AND DANGEROUS FACTORS  
ASSOCIATED WITH TECHNOLOGICAL PROCESSES  
AT THE MINING AND BENEFICIATION PLANT**

**АНАЛІЗ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ,  
ПОВ'ЯЗАНИХ З ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ  
НА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОМУ КОМБІНАТІ**

**Saveikin V.S.,**

*Student (group 263-23-2M),  
LLC "Metinvest polytechnic  
technical university",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Савейкін В.С.,**

*студент групи 263-23-2М,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Метою дослідження є розроблення рекомендацій щодо удосконалення управління охороною праці та зниження професійних ризиків при проведенні технологічних процесів на гірничо-збагачувальному комбінаті (ГЗК)

Підприємство має повний технологічний цикл – від видобутку сирової руди до виробництва залізородних окатків – підготовленої сировини для металургійних заводів. Цим обумовлена складна організаційна структура підприємства. Пріоритет у роботі підприємства – це життя та здоров'я людей. Тому компанія впроваджує культуру безпеки, в якій дотримання правил охорони праці стає звичною справою для всіх. Метою діяльності підприємства є виробництво продукції найвищої якості, забезпечуючи при цьому безпеку співробітників і використовуючи процеси, які не надають негативного впливу на навколишнє середовище.

Технологічні процеси на ГЗК, включають етапи видобутку, дроблення, збагачення руди та виробництва окатків. Кожен з цих етапів супроводжується специфічними шкідливими і небезпечними факторами, які можуть становити загрозу для працівників, обладнання та навколишнього середовища. Проаналізуємо технологічний процес та основні шкідливі та небезпечні фактори для етапів видобутку руди та дроблення руди.

Видобуток руди виконується відкритим способом. На етапі видобутку руди в кар'єрах та шахті існує ряд небезпечних факторів:

Буро-вибухові роботи: вибухові матеріали, шум та вібрація, пил, ударна хвиля. Цей процес має високий ризик травмування працівників

від неконтрольованих вибухів та вибухових речовин, а також від летючих уламків.

Викиди пилу: під час буріння, екскавації та транспортування руди утворюється велика кількість пилу, який може викликати захворювання дихальних шляхів (наприклад, силікоз).

Небезпека обвалу: через гірничо-геологічні умови існує ризик обвалу породи, особливо в умовах підземних робіт на шахті ім. Колачевського.

Механічні травми: ризик травмування від великогабаритного гірничотранспортного обладнання (екскаватори, бурові верстати, кар'єрні самоскиди тощо).

Високий рівень шуму та вібрації: постійна робота важкого обладнання та застосування вибухів ведуть до значного шумового та вібраційного навантаження на працівників, що може спричинити професійні захворювання (наприклад, вібраційну хворобу, втрату слуху).

Ризик наїзду: при експлуатації технологічного транспорту (кар'єрні самоскидів,) існує високий ризик наїзду на працівників, зіткнення з іншими машинами, в'їзд самоскидів за обвалування тощо.

Дроблення руди. Першою ланкою в технологічному ланцюгу переробки залізистих кварцитів є дробильна фабрика. Саме сюди безперервним потоком йдуть технологічні поїзди з кар'єрів та шахти. На дробильній фабриці руда дроблять до дрібного фракційного стану 0-25 мм. Після проходження чотирьох стадій дроблення, руда йде на попереднє збагачення методом сухої магнітної сепарації, далі – підготована руда (дроблена та звільнена від порожньої породи) надходить на збагачувальну фабрику. Хвости (порожня порода) надходять на мокре просівання, в результаті чого отримується митий будівельний щебінь і пісок, які використовуються для будівництва автошляхів у кар'єрах і залізничних насипів. Проектна продуктивність дробильної фабрики становить 28 млн. тон руди на рік. Основні шкідливі та небезпечні фактори на цьому етапі:

Пиловиділення: процес дроблення супроводжується значним утворенням пилу, який забруднює повітря в робочій зоні, який може викликати професійні захворювання дихальних шляхів.

Шум та вібрація: робота дробильного обладнання створює високий рівень шуму та вібрації, що негативно впливає на здоров'я працівників.

Небезпека рухомих/обертючих частин обладнання: ризик потрапляння частин тіла працівників у рухомі частини обладнання, що може призвести до травматизму, в тому числі зі смертельними наслідками.

Збагачення руди. Ключову роль у технологічному процесі підприємства посідає збагачувальна фабрика. Саме на збагачувальній фабриці бідні на залізо руди за допомогою спеціального технологічного обладнання збагачуються – стають високо-якісним концентратом, з якого потім виготовляється сировина для металургії – окатки. Завдяки

впровадженню сучасних технологій збагачення, вміст заліза в магнетитовому концентраті доведено до 70,5%. Як результат – якість концентрату Центрального ГЗК найвища серед гірничо-збагачувальних комбінатів Криворіжжя та сягає рівня світових стандартів. Технологічний цикл збагачення руди складається із подрібнення, магнітної сепарація, далі доведення концентрату методом тонкого грохочення, зневоднення і останній цикл це складування та відвантаження готової продукції. Фактичне виробництво концентрату в останні роки тримається на рівні 6000 тис. тон на рік. На етапі збагачення руди основними шкідливими і небезпечними факторами є:

Хімічні речовини: у процесі зневоднення концентрату використовуються реагенти, контакт з якими може бути шкідливим для здоров'я.

Механічна небезпека: можливість травмування працівників під час експлуатації технологічного обладнання, в т.ч. конвеєрного транспорту, млинів, класификаторів, сепараторів, вакуум-фільтрів тощо.

Висока вібрація: обладнання для подрібнення та збагачення генерує сильні вібрації, які передаються на працівників через робочі місця або навіть через підлогу виробничих приміщень. Тривала дія вібрації може викликати вібраційну хворобу та інші професійні захворювання.

Монотонність і висока концентрація уваги: процес збагачення потребує постійного контролю за параметрами роботи обладнання, що призводить до монотонної діяльності та швидкої втоми, знижуючи рівень концентрації уваги та підвищуючи ризик людських помилок.

Ризик ураження електричним струмом: велика кількість обладнання в збагачувальних цехах працює від електричної мережі, що створює ризик ураження електричним струмом у разі недотримання правил електробезпеки або при аварійних ситуаціях, таких як коротке замикання.

На основі проведеного аналізу шкідливих та небезпечних факторів, що пов'язані з технологічними процесами на гірничо-збагачувальному комбінаті розроблено рекомендації щодо удосконалення управління охороною праці та зниження професійних ризиків:

- оцінка ризиків на кожному етапі технологічного процесу для визначення зон високого ризику і вжиття відповідних заходів;

- регулярний моніторинг повітря, контроль рівнів шуму та вібрації з використанням спеціальних засобів для вимірювання. Це важливо для профілактики професійних захворювань слуху та зниження стресу;

- регулярне навчання з охорони праці, ознайомлення працівників з небезпеками та ризиками, включаючи правильне використання інструментів та обладнання;

– чіткий розподіл обов'язків і планування робочих змін для уникнення перевтоми та зниження фізичних і психологічних навантажень;

– детальний аналіз причин нещасних випадків та інцидентів для вдосконалення заходів безпеки та розробки нових рекомендацій;

– впровадження інноваційних технологій і міжнародних стандартів (зокрема, ISO 45001) для підвищення рівня безпеки на робочому місці;

– зворотний зв'язок від працівників для покращення існуючих процедур безпеки та виявлення додаткових потреб у захисті.

Практичне використання розроблених рекомендацій сприятиме зниженню професійних ризиків на ГЗК.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-170>

## **RESEARCH OF THE CONSEQUENCES AND INDICATORS OF THE IMPACT OF NOISE ON HUMAN BEINGS FROM THE USE OF ATTACK MEANS BY THE RUSSIAN TROOPS**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ ТА ПОКАЗНИКІВ ВПЛИВУ ШУМУ НА ЛЮДИНУ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ РОСІЙСЬКИМИ ВІЙСЬКАМИ**

**Svirzhevskiy P.V.,**

*Student (group OP-21-541),  
National University of Civil Protection  
of Ukraine,  
Kharkiv, Ukraine*

**Свіржевський П.В.,**

*студент (гр. ОП-21-541),  
Національний університет  
цивільного захисту України,  
м. Харків, Україна*

**Tsymbal B.M.,**

*DSc (Public Administration),  
Associate Professor, National  
University of Civil Protection  
of Ukraine, Kharkiv, Ukraine;  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Цимбал Б.М.,**

*д.держ.упр., доцент,  
Національний університет  
цивільного захисту України,  
м. Харків, Україна;  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Засоби ураження, які застосовуються, мають різне звукове звучання і різну потужність. Звуки війни знаходяться за межею допустимого рівня та небезпечні для людського слуху, незважаючи на те, що їхня вражаюча

дія залежить від індивідуальних та вікових особливостей. Це стосується і звуку сирени, потужність якого досягає 100-120 дБ, і пострілів стрілецької зброї з інтенсивністю 140 дБ, і особливо звуків вибуху з силою до 220 дБ. У таких випадках для серйозного порушення слуху або навіть його повної втрати достатньо один раз опинитися в небезпечній близькості до бойових дій.

Опис звуків бойових дій наповнений деталями, які передають їхню жахливу та відчутну присутність у житті людей. «Приходи» боеприпасів відчуваються як протяжні тріски, що супроводжуються руйнацією. Кожен вибух – це не лише миттєва подія, а й процес: спочатку боеприпас рве власну оболонку, розкидаючи уламки, які руйнують усе навколо. У разі влучання у відкриту місцевість, наприклад, у ґрунт, результат буває менш видовищним: земля поглинає вибух, викидаючи лише стовп ґрунту. Касетні боеприпаси додають своєї специфіки – їхні численні вибухи нагадують тривалий гул.

Населені пункти, що перебувають під обстрілом, майже постійно наповнені звуками війни. Міни свистять у повітрі перед ударом, їхній звук порівнюють із ударом велетенського молота. Здається, наче якийсь міфічний коваль без зупину б'є своєю зброєю об землю, породжуючи вибух за вибухом. Танкові снаряди – це інший тип жаху. Вони приходять майже одночасно зі звуком пострілу, створюючи дивну й лякаючу подвійність. «Град», зі свого боку, перетворює небо на арену хаосу: десятки ракет летять одночасно, вибухаючи могутнім хором, що вражає численні сотні метрів. Артилерійські системи на кшталт «Піона» додають до цього «оркестру» свої важкі, потужні акценти. Гусенична техніка має свій характерний звук. Особливий страх викликають безпілотники. Їхній звук нагадує дзижчання осі чи джмеля, але, усвідомлюючи небезпеку, мозок сприймає цей звук зовсім інакше. Російські «Орлани» зі своїми бензиновими двигунами нарізають кола високо в небі, видаючи звук, схожий на бензопилу, що безжально «пиляє» нерви солдатів, які знають, що ворог бачить їхні позиції.

Вимірювання шуму проводилися згідно до ДСТУ 2867-94 «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги» [1]. Для вимірювання еквівалентного та максимального рівня звуку, який створюється засобами ураження можна використати цифровий шумомір SM-10 [3].

У зв'язку з неможливістю проведення натурального вимірювання звукового тиску (шуму) застосування засобів ураження, вимірювання проводиться з використанням звукових моделей сирени, вибухів, пострілів та пусків ракет. Використання звукових моделей не дає можливості визначити максимальне значення звукового тиску, який створюється різними видами зброї, тому що показники, рівня шуму від впливу засобів ураження, які необхідно

вимірювати, залежать від відстані до місця вибуху, виду та типів засобів ураження, рельєфу місцевості (щільності забудови у місті) тощо. Окрім того, внаслідок неможливості точно спрогнозувати місце та час вибуху, натурне вимірювання рівня шуму від вибуху снаряда, ракети або авіаційної бомби провести не реально. Тому в процесі проведення дослідження, з використанням звукових моделей, визначимо коефіцієнт перерахунку  $K=2$  ( $K$  – коефіцієнт перерахунку, який враховує відміну звукового тиску натурального вимірювання від звукового тиску звукової моделі). Під час вимірювання використовується діапазон вимірювання  $C$  (от 35 до 130 дБ).

Вимірювання звукового тиску проводиться в приміщенні в трьох точках віддалених від стін на відстані 1,2 м. Результати вимірювань щодо значення рівнів шуму зчитуються зі шкали дисплею з точністю до 0,1 дБ. При цьому використовується діапазон вимірювання  $C$  (от 35 до 130 дБ) з коефіцієнтом  $K=2$ . Результати вимірювання наведені в табл. 1.

Результати проведеного дослідження свідчать, що вибух бомби скинутої з літака має самий високий рівень звукового тиску. Високий рівень звукового тиску, також, спричинює вибух ракети та постріл засобів ППО. Знаходження в зоні впливу зазначених засобів може призвести не тільки до отримання тілесних ушкоджень, але й до втрати слуху, крім цього шум від засобів ураження негативно впливає на психологічний стан та сон людини.

Таблиця 1

**Результати вимірювання звукового тиску засобів ураження**

Джерело шуму	Вимірюваний рівень (шуму), дБ	Рівень звукового тиску з урахуванням коефіцієнта $K$ , дБ
Стрілецька зброя на відстані до 1 м	66	132
Звук сирени	68	136
Вибух ракети	85	170
Вибух снаряду	67	134
Вибух бомби, скинутої з літака	88	176
Постріл з танка	78	156
Постріл засобів ППО	84	168
Постріл гармати	73	146
Пуск ракети «Ураган»	75	150

Було проаналізовано та досліджено основні показники та наслідки впливу шуму на людину, від застосування засобів ураження російськими військами. Надано характеристику особливостей звукового звучання (видів шуму), які створюються сиреною, стрілецькою зброєю, засобами ППО та артилерії, вибухами ракет та авіаційних боєприпасів.

В рамках даної наукової роботи, проведені дослідження не дають можливості визначити точно максимальне значення звукового тиску, який створюється різними видами зброї. Разом з тим можна визначити, які засоби спричинюють найбільший звуковий тиск та можуть призвести до втрати слуху, погіршенню психологічного стану та сну людини.

### Перелік використаних джерел

1. ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги. Чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ, 1994. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=48151](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48151) (дата звернення: 25.11.2024).

2. Шумоміри та аналізатори рівня звуку. Головна. URL: <https://anwit.kiev.ua/stati-3/stati-ob-ispolzovanii-produktsii-nvm/256-sound-level-meters> (дата звернення: 24.11.2024).

3. Цифровий датчик шуму SM-10. ХАРЬКОВ-ПРИЛАД. URL: <https://pribory.com/ua/product/tsifrovoj-datchik-shuma-sm-10/> (дата звернення: 24.12.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-171>

## INTERACTIVE ONLINE RISK ASSESSMENT PLATFORMS FOR IMPROVING EMPLOYEE HEALTH AND SAFETY

## ІНТЕРАКТИВНІ ОНЛАЙН ПЛАТФОРМИ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЗДОРОВ'Я ТА БЕЗПЕКИ ПРАЦІВНИКІВ

**Tkalych I.M.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Ткалич І.М.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У червні 2021 року Європейська Комісія ухвалила Рамкову стратегію ЄС із безпеки та здоров'я на роботі на 2021-2027 роки. Стратегія містить

ключові завдання, необхідні для покращення здоров'я та безпеки працівників. А саме:

- передбачення та управління змінами у новому світі праці;
- покращення профілактики професійних захворювань та нещасних випадків на роботі;
- підвищення готовності до можливих майбутніх загроз здоров'ю [1].

Серед основних здобутків реалізації попередньої рамкової стратегії на рівні ЄС є створення Європейським агентством з безпеки та здоров'я на роботі (EU-OSHA) та запровадження широкого застосування онлайн-інструментів оцінки ризиків для роботодавців. В той же час необхідно відмітити, що переважна більшість інтерактивних інструментів для оцінки ризиків орієнтовані передусім на малі та середні підприємства.

Серед них найбільш відома та задіяна безкоштовна інтерактивна онлайн оцінка ризиків OiRA, яка розроблена та підтримується Європейським агентством з безпеки та гігієни праці (EU-OSHA) на базі голландського інструменту оцінки ризиків RI&E (Перелік усіх ризиків для здоров'я та безпеки, та план їх вирішення) [2].

OiRA – це онлайн-платформа, що складається з генератора інструментів OiRA, де розробники можуть створювати інструменти за секторами та галузевих інструментів OiRA, доступних через інтерактивний веб-сайт. Це перша ініціатива на рівні ЄС, яка заохочує європейські малі та середні підприємства оцінювати свої ризики.

На сьогоднішній день національними партнерами OiRA є організації 16 країн, зокрема Бельгії, Болгарії, Хорватії, Кипру, Чехії, Фінляндії, Франції, Греції, Ісландії, Італії, Латвії, Литви, Мальти, Португалії, Словенії та Іспанії. Інструменти доступні 17 мовами. Розробниками представлено більш ніж 30 секторів, а саме: сільське господарство, лісове господарство та рибальство, аудіовізуальний сектор, автомобільні перевезення, дистрибуція та логістика, послуги з прибирання, будівництво та обслуговування, освіта, електротехнічні роботи, виробництво та продаж продуктів харчування та напоїв, газ, вода та електрика, перукарні та салони краси, готелі ресторани громадського харчування, діяльність працівників охорони здоров'я та соціальних працівників, інформація та комунікація, шкіра та дублення, видобуток і кар'єри, автомобілі, ремонт та пов'язані з ними види діяльності, офісна робота та адміністрування, приватна охорона, громадський/пасажирський транспорт, нерухомість, спорт та відпочинок, транспорт (повітряний, водний та залізничний), ветеринарна діяльність, поводження з відходами, оптова та роздрібна торгівля, деревообробна та супутня діяльність, робота з металом тощо.

На рівні ЄС немає чітких правил щодо того, як проводити оцінку ризиків. Європейська інструкція з оцінки ризиків на роботі пропонує підхід, що ґрунтується на ряді різних кроків. Це не єдиний метод проведення оцінки ризику, існує безліч методологій для досягнення тієї ж мети. Не існує єдиного «правильного» способу оцінки ризику, різні підходи можуть працювати в різних обставинах. Для малих та середніх підприємств OiRA пропонує простий п'яти ступінчастий підхід, який включає елементи управління ризиками від ідентифікації небезпеки до документованої оцінки ризику.

Крок 1. Визначення небезпек та груп ризику. Пошук тих речей на роботі, які потенційно можуть завдати шкоди, та визначення працівників, які можуть бути схильні до небезпеки.

Крок 2. Оцінка та визначення пріоритетів ризиків. Оцінка існуючих ризиків (ступінь тяжкості та ймовірності можливої шкоди) та визначення їх пріоритетності за важливістю.

Крок 3. Вирішення щодо запобіжних дій. Визначення відповідних заходів для усунення або контролю ризиків.

Крок 4. Вжиття заходів. Введення запобіжних та захисних заходів за допомогою плану пріоритетів.

Крок 5. Моніторинг та огляд. Оцінку слід регулярно переглядати, щоб забезпечити її актуальність.

Інструменти можна безкоштовно завантажити та отримати до них доступ, натиснувши на відповідне посилання. Кожне посилання супроводжується коротким описом інструменту та ім'ям партнера OiRA, який його розробив. Інструменти можна шукати за країною, мовою та сектором.

Основні цілі OiRA:

- сприяти (шляхом відповідної оцінки ризиків) зменшенню кількості нещасних випадків на виробництві та професійних захворюваннях, а також поліпшити умови праці;

- допомогти підприємствам (шляхом відповідної оцінки ризиків) стати більш конкурентоспроможними (за рахунок зменшення витрат, пов'язаних з нещасними випадками на виробництві та професійними захворюваннями, зменшенням кількості лікарняних тощо).

- зробити практичні інструменти OiRA доступними через свої веб-сайти та заохочувати до їх використання;

- поліпшення умов праці шляхом заохочення використання інструменту оцінки професійних ризиків, тим самим підвищуючи ефективність роботи підприємств.

3 жовтня 2024 року на платформі OiRA почалась реєстрація на проходження безкоштовного онлайн-тренінгу «PsyHealth працює!» з оцінки психосоціального ризику. Профілактика стресу на роботі є актуальним завданням, вирішення якого в значній мірі сприяє створенню безпечного та здорового робочого середовища.

В міжнародній практиці є поняття як “Near Miss” або «майже випадок».

Інцидент – це подія, що виникає в зв'язку або в процесі роботи, яка може призвести або призводить до травм та може зашкодити здоров'ю. Під поняттям «може призводити» слід розуміти “Near Miss”. Це наводиться окремим поясненням в примітці п. 3.35 ISO 45001 «Системи менеджменту гігієни і безпеки праці» – Інцидент, що не призвів до травми та шкоди здоров'ю, але який міг призвести до них, може називатися «передумовою до інциденту», «загрозою інциденту», «небезпечною ситуацією» (тобто «Near Miss»). Отже для зменшення нещасних випадків, крім підвищення культури безпеки в цілому та зменшення небезпечних дій з боку працівників, також необхідно працювати над зменшенням кількості “Near Miss”, що потребує впровадження відповідної програми.

Метою впровадження “Near Miss” є усунення першопричин «майже випадків» та впровадження дій, які б попереджали у майбутньому повторення цих випадків та інцидентів з більш серйозними наслідками та нещасними випадками на виробництві.

“Near Miss” дозволяє всім співробітникам брати участь у створенні і управлінні безпечним робочим середовищем. За умови виконання всіх етапів програми відбувається швидка реакція на небезпечну ситуацію. Все це разом сприяє поліпшенню умов праці та зменшенню кількості нещасних випадків.

Компанією Notify Technology Ltd (Великобританія) у 2017 році розроблено онлайн програму Notify для повідомлення про Near Miss, який наразі використовується у більш ніж 100 країнах [3].

Notify – це повноцінна система охорони здоров'я та безпеки, яка поставляється з набором програм та хмарних модулів. За допомогою NotifyIM (Управління інцидентами) будь-який працівник будь-якої компанії, може повідомляти про небезпеки та інциденти. NotifyAI (Аудити та перевірки) допомагає організації створювати аудити, перевірки безпеки та контрольні списки. NotifyRA (Оцінка ризиків) проведення оцінки та управління професійними ризиками. Дані звітності управління доступні в режимі реального часу, що дає

можливість миттєвого доступу до повідомлень про інциденти, незавершені дії, проведені аудити та багато іншого.

Окремий наголос Європейською комісією в рамковій стратегії зроблено на психосоціальних ризиках. Комісія фінансує проекти, спрямовані на розв'язання цих проблем. Проекти передбачають розроблення і здійснення заходів із підтримання хорошого психічного здоров'я й запобігання психічним захворюванням на роботі. Зокрема, серед онлайн-інструментів для керування психосоціальними ризиками на робочих місцях в країнах ЄС використовують Копенгагенську психосоціальну анкету COPSQ [4]. COPSQ – налагоджений інструмент для збору достовірної та достовірної інформації про основні фактори ризику. Розроблена в 2000 році Т.С. Крістенсеном і В. Боргом, система отримала важливе міжнародне визнання і поширення протягом декількох років. Концептуально вона включає основні аспекти найвпливовіших психосоціальних теорій у роботі, включаючи моделі робочого стресу, підтримку попиту та дисбаланс зусиль, а також інші теорії та аспекти, які були проігноровані в попередніх інструментах, такі як емоційні вимоги. Це робить COPSQ корисним на будь-якому робочому місці як в промисловості, так і в сфері послуг. Серед інструментів оцінки психосоціального ризику COPSQ є унікальним, на теперішній час COPSQ доступний більш ніж 25 мовами. Він використовувався в тисячах корпоративних оцінках ризиків психосоціальних факторів і в багатьох дослідницьких проектах.

Загалом відповідно до даних Міжнародної організації праці до цього часу опубліковано 250 інтерактивних інструментів оцінювання ризиків, а ще понад 70 розробляються. За допомогою цих інструментів проведено більш ніж 173 тис. оцінювань ризиків.

### **Перелік використаних джерел**

1. Рамкова стратегія ЄС із безпеки та здоров'я на роботі на 2021-2027 роки / Міжнародна організація праці. URL: <https://www.ilo.org/uk/resource> (дата звернення: 06.11.2024).

2. OiRA: free and simple tools for a straightforward risk assessment process / EU-OSHA. URL: <https://osha.europa.eu/en/tools-and-resources/oira> (дата звернення: 06.11.2024).

3. Your Health and Safety Software Partner. Notify : веб сайт. URL: <https://www.notifytechnology.com/> (дата звернення: 06.11.2024).

4. Copenhagen Psychosocial Questionnaire (COPSQ) : веб сайт. URL: <https://www.copsq-network.org/> (дата звернення: 06.11.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-172>

**IMPROVING THE SAFETY LEVEL OF THE RAILWAY  
DEPARTMENTAL SECURITY FORCE**

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ВІДОМЧОЇ  
ВОЄНІЗОВАНОЇ ОХОРОНИ ЗАЛІЗНИЦІ**

**Tsybmal B.M.,**

*DSc (Public Administration),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine ; National  
University of Civil Protection  
of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

**Цимбал Б.М.,**

*д.держ.упр., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна;  
Національний університет  
цивільного захисту України,  
м. Харків, Україна*

**Marchenko A.V.,**

*Student (group MOP-23-521),  
National University of Civil Protection  
of Ukraine, 94 Chernyshevska Str.  
Kharkiv, Ukraine*

**Марченко А.В.,**

*студентка (гр. МОП-23-521),  
Національний університет  
цивільного захисту України,  
м. Харків, Україна*

Робота з перевезенням небезпечних вантажів на Укрзалізниці регулюється національними та міжнародними стандартами, що встановлюють правила безпечного транспортування таких вантажів залізничним транспортом. Цей процес є особливо важливим, оскільки перевезення небезпечних речовин вимагає чіткої організації, дотримання заходів безпеки та підготовки персоналу. Основні ризики, пов'язані з перевезенням небезпечних вантажів на залізниці: аварії та зіткнення поїздів, витік небезпечних речовин, пожежі та вибухи, неправильне завантаження або фіксація вантажу, неправильне маркування або документація, неналежна технічна підготовка рухомого складу, людський фактор, непередбачувані природні фактори, терористичні загрози та саботаж та екологічні наслідки [1].

Для мінімізації ризиків, пов'язаних з перевезенням небезпечних вантажів на Укрзалізниці, необхідно вжити низку заходів: здійснювати регулярні перевірки рухомого складу та інфраструктури для запобігання аваріям через технічні несправності; проводити навчання персоналу з питань поведінки з небезпечними вантажами та дій у надзвичайних ситуаціях; впроваджувати системи моніторингу для контролю за умовами перевезення небезпечних вантажів у реальному часі;

розробляти чіткі плани дій у випадку аварій та аварійних процедур для швидкого реагування; виконувати модернізацію вагонів, зокрема оснащувати їх сучасними системами безпеки та моніторингу стану вантажу та дотримуватися міжнародних стандартів перевезення небезпечних вантажів, таких як правила ДОПНВ [2] та RID [3].

Робота зі зброєю на Укрзалізниці, зокрема в підрозділах відомчої воєнізованої охорони, є важливою складовою забезпечення безпеки перевезень та об'єктів залізничної інфраструктури. Використання зброї регламентується нормативно-правовими актами України, внутрішніми інструкціями та міжнародними стандартами. Основна мета роботи зі зброєю – охорона вантажів, зокрема небезпечних вантажів, захист об'єктів залізниці, а також забезпечення правопорядку в зоні відповідальності залізничних підрозділів. Робота зі зброєю завжди пов'язана з ризиками для безпеки працівників та населення: неналежне використання зброї в умовах стресу або через брак досвіду; нещасні випадки під час поводження зі зброєю через порушення правил безпеки; психологічний стрес у працівників, які регулярно працюють зі зброєю, що може призвести до помилок.

Для мінімізації цих ризиків необхідно: забезпечити постійне навчання персоналу та психологічну підтримку; впровадити систему моніторингу використання зброї та регулярні перевірки дотримання норм безпеки; використовувати сучасні технології для контролю за зберіганням та використанням зброї (наприклад, системи електронного обліку зброї).

Робота на висоті Укрзалізниці є важливою складовою технічного обслуговування залізничної інфраструктури, зокрема ремонту контактної мережі, мостів, сигналізації та інших об'єктів. Така діяльність пов'язана з підвищеним ризиком травматизму, тому її виконання потребує дотримання спеціальних заходів безпеки, які регламентовані законодавством України та внутрішніми інструкціями підприємства. Основні ризики при роботі на висоті: падіння з висоти; травмування від падіння предметів; удар електричним струмом; фізичне перенапруження. Заходи для мінімізації ризиків: навчання та інструктажі; використання якісних ЗІЗ; організація безпечного робочого місця; контроль за станом здоров'я працівників та регулярний технічний огляд обладнання.

Ліквідація пожеж на об'єктах Укрзалізниці є важливою частиною забезпечення безпеки залізничної інфраструктури та перевезень. Пожежі на залізниці можуть виникати через різноманітні причини, такі як несправності обладнання, порушення правил пожежної безпеки або під час аварій. У зв'язку з цим, важливо дотримуватися жорстких заходів для їх попередження та ефективного ліквідації. Робота пов'язана з рядом

значних ризиків: ризик ураження електричним струмом; ризик вибуху або загоряння небезпечних вантажів; ризик отруєння токсичними речовинами; ризик обвалу конструкцій; ризик пошкодження або знищення рухомого складу; ризик падіння при роботі на висоті; ризик теплового ураження або опіків; ризик обмеженого доступу до місця пожежі; ризик повторного загоряння; психологічні та фізичні навантаження.

Заходи для мінімізації ризиків: постійний інструктаж і тренування для персоналу з правил пожежної безпеки та дій під час надзвичайних ситуацій; використання сучасних засобів пожежогасіння та спеціального захисного спорядження; оперативне відключення електроенергії та обмеження доступу до небезпечних зон під час пожежі; своєчасне інформування про характер пожежі та залучення спеціалізованих служб (наприклад, у разі пожежі з небезпечними вантажами); постійний моніторинг стану об'єктів залізниці, зокрема перевезень небезпечних вантажів і стану електромереж.

Недотримання правил у відомчій воєнізованій охороні Укрзалізниці може призвести до серйозних наслідків для безпеки працівників, пасажирів, вантажів та інфраструктури. Основні наслідки включають: загроза життю та здоров'ю працівників; зниження ефективності охорони та пропусків в безпеці; збільшення ризику терористичних та диверсійних дій; фінансові збитки; зниження довіри до безпеки залізниці; юридична відповідальність та дисциплінарні заходи; Психологічний вплив на колектив.

Інноваційні заходи можуть суттєво підвищити рівень безпеки, ефективність роботи та знизити ризики для працівників. Наприклад: впровадження систем відеоспостереження з аналітикою; застосування дронів для патрулювання та моніторингу; використання мобільних додатків для комунікації та координації; системи ідентифікації за допомогою біометрії (відбитки пальців, розпізнавання обличчя); впровадження розумних сенсорів і датчиків (сенсори руху, температури, диму, а також вібраційні датчики); використання сучасного захисного спорядження (наприклад, захисні шоломи з вбудованими камерами чи системами зв'язку); впровадження систем штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних допомагає виявляти потенційні загрози та прогнозувати ризикові ситуації); навчання персоналу з використанням VR-технологій (віртуальна реальність (VR) дозволяє проводити навчання та симуляції небезпечних ситуацій, таких як ліквідація пожежі або захист об'єкта від проникнення); впровадження автоматизованих систем звітності та контролю; співпраця з міжнародними організаціями та обмін досвідом.

**Перелік використаних джерел**

1. АТ «Укрзалізниця». URL: [https://www.uz.gov.ua/about/general\\_information/](https://www.uz.gov.ua/about/general_information/) (дата звернення: 29.09.2024).
2. Угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ = ADR) | Лабораторія ADR. Перевозення небезпечних вантажів – Лабораторія ADR в Україні. URL: <http://surl.li/tihaye> (дата звернення: 29.09.2024).
3. Нормативні документи КОТІФ. URL: [https://uz.gov.ua/cargo\\_transportation/legal\\_documents/tsim\\_smgs/](https://uz.gov.ua/cargo_transportation/legal_documents/tsim_smgs/) (дата звернення: 29.09.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-173>

**DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A CRANE OPERATOR'S WORKSPACE AUDIT SYSTEM****РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АУДИТУ РОБОЧОГО ПРОСТОРУ МАШИНІСТА КРАНА**

**Cheberyachko S.I.,**  
*DSc (Engineering), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnica”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко С.І.,**  
*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Cheberiyachko Yu.I.,**  
*DSc (Engineering), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnica”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко Ю.І.,**  
*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Vasylychenko M.O.,**  
*Student (gr. 263-23-1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnica”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Васильченко М.О.,**  
*студент гр. 263-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Тема є доволі актуальною в наш час, адже сучасний світ вимагає підвищеної уваги до питань безпеки робочого простору.

Робоче місце -це первинна ланка виробництва, зона застосування праці одного або кількох (якщо робоче місце колективне) виконавців, визначена на підставі трудових та інших діючих норм і оснащена необхідними засобами для трудової діяльності. Робоче місце є місцем

здійснення виробничої чи будь-якої іншої робочої діяльності, яке повинне бути відповідно обладнане та спеціалізоване щодо виконуваної праці.

Метою курсового проекту є аналіз факторів, що впливають на працездатність машиніста крана, дослідження.

Мета та завдання даної роботи – зниження ризику виникнення профзахворювання та збільшення продуктивності праці. Постановка даної мети зумовила необхідність вирішення наступних завдань:

– дослідити сучасний стан робочого простору машиніста крана та виявлення проблемних зон.

Об'єктом дослідження є система управління робочого простору машиніста крана.

Предметом дослідження є методика проведення аудиту робочого місця машиніста крана.

Розробили методикау аудиту та чек-лист для робочого простору машиніста крана. Провели аудит по розробленій методиці.

Зробили аналіз результатів аудиту та виявлених проблемних зон. Розробили рекомендацій щодо покращення робочого простору машиніста крана. Під час проведення аудиту було виявлено ряд відхилення від норм та стандартів.

Рекомендації:

Негайно ремонтувати або замінювати устаткування, що не відповідає стандартам безпеки.

Внести корективи в організацію робочих процесів в цехах, де було виявлено відхилення від норм.

Провести ревізію вентиляційних систем.

Організувати цільове навчання для працівників, які потребують підвищення рівня знань з охорони праці.

Аудит робочого простору здійснює незалежну оцінку й аналіз усіх цих показників у сукупності, а отримані результати дозволяють зробити висновки та виявити невідповідності в аналізованій системі. Саме тому, що робочий простір є основною рушійною силою підприємства, його аудит дозволяє досягти іноді неочікуваних, але завжди дієвих результатів.

### **Перелік використаних джерел**

1. Міжнародні стандарти контролю якості, аудиту, огляду, іншого надання впевненості та супутніх послуг: видання 2010 року, частина 1 / Пер. з англ.: Ольховікова О.Л., Селезньов О.В., Гик О.В., Біндер С.Г.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-174>

## FEATURES OF USING THE DIALUX PROGRAM WHEN DESIGNING LIGHTING IN THE OFFICE

### ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМИ DIALUX ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ОСВІТЛЕННЯ В ОФІСІ

**Cheberyachko S.I.,**  
*DSc (Engineering), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnica”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко С.І.,**  
*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Cheberiachko Yu.I.,**  
*DSc (Engineering), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnica”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко Ю.І.,**  
*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Niuskov A.V.,**  
*Student (gr. 263-22-1),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnica”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Нюшков А. В.,**  
*студент гр. 263-22-1,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

DIALux – це потужний інструмент, який значно спрощує процес проектування освітлення, особливо в таких складних середовищах, як офіси. Програма дозволяє створити детальну віртуальну модель приміщення, розрахувати рівень освітленості в кожній точці рис. 1.

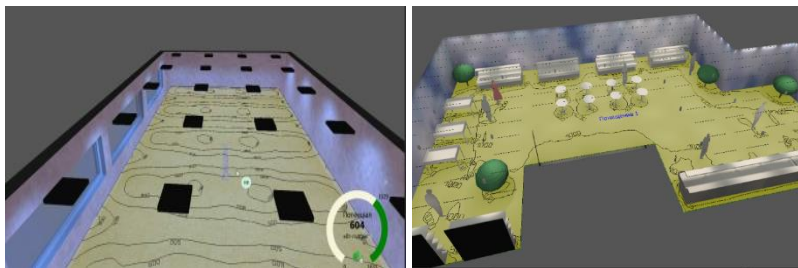


Рис. 1. Порівняння різних типів світильників

### Ключові переваги використання DIALux:

**Комплексний світлотехнічний аналіз:** Програма дозволяє детально змодельовати будь-яке приміщення, враховуючи його геометрію, матеріали обробки та розташування меблів. На основі цих даних здійснюється точний розрахунок рівня освітленості в кожній точці простору, що дозволяє виявити зони з недостатнім або надмірним освітленням.

**Широкі можливості вибору світильників:** DIALux надає доступ до величезної бази даних світильників різних виробників та типів. Це дозволяє підібрати оптимальне рішення для будь-якого проекту, враховуючи як технічні характеристики, так і естетичні вимоги.

**Реалістична візуалізація:** Програма генерує високоякісні тривимірні візуалізації проекту, дозволяючи дизайнеру оцінити, як буде виглядати освітлення в реальному приміщенні. Це дає змогу внести необхідні корективи на ранніх етапах проектування.

**Енергоефективність:** DIALux дозволяє оцінити енергоспоживання різних варіантів освітлення та підібрати найбільш економічно ефективне рішення. Це особливо важливо в умовах зростаючих цін на електроенергію.

### Етапи проектування освітлення в DIALux:

**Створення віртуальної моделі приміщення:** Детальне моделювання геометрії приміщення з урахуванням всіх архітектурних особливостей.

**Вибір світильників та їх розміщення:** Підбір світильників з урахуванням функціонального призначення зон та естетичних вимог. Оптимізація їх розташування для досягнення рівномірного освітлення.

**Розрахунки та аналіз:** Проведення світлотехнічних розрахунків, аналіз результатів та коректування проекту за необхідності.

**Візуалізація та презентація:** Створення реалістичних візуалізацій та презентація проекту замовнику.

DIALux є незамінним інструментом для професіоналів, які займаються проектуванням освітлення. Завдяки своїм можливостям, програма дозволяє створювати індивідуальні та ефективні рішення для будь-якого офісного приміщення.

### Перелік використаних джерел

1. Download DIALux. Professional lighting design with DIALux. URL : <https://www.dial.de/en/dialux-desktop/download/>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-175>

**ANALYSIS OF WORKING INJURIES STATISTICS  
AT METALLURGICAL ENTERPRISES FOR 2019-2023**

**АНАЛІЗ СТАТИСТИКИ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ  
НА МЕТАЛУРГІЙНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ЗА 2019-2023 РІК**

**Cheberyachko S.I.,**  
*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnica",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко С.І.,**  
*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Cheberiaichko Yu.I.,**  
*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnica",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко Ю.І.,**  
*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Osipenko N.G.,**  
*Student (gr. 263-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnica",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

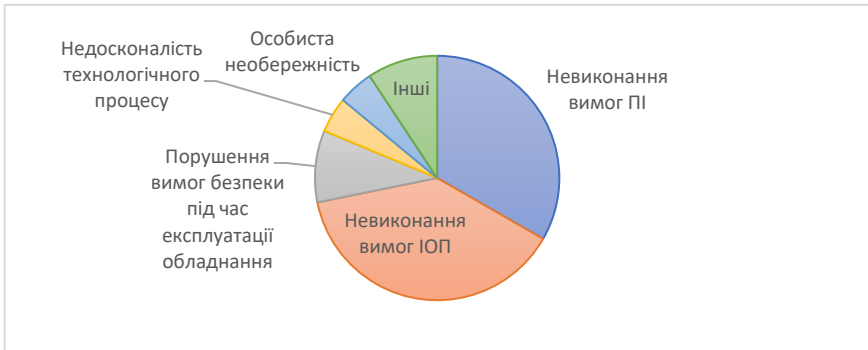
**Осипенко Н.Г.,**  
*студент гр. 263-23-2м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Застосування сучасного високотехнологічного обладнання на металургійному підприємстві визначає підвищені вимоги до рівня професійної підготовленості та профпридатності обслуговуючого персоналу. Інноваційні технології, які використовуються у виробничих процесах, потребують високого рівня кваліфікації для забезпечення їх безпечної експлуатації. Високий рівень виробничого травматизму негативно впливає на загальну економічну ефективність підприємства, знижуючи продуктивність праці та збільшуючи витрати на соціальні виплати і медичне забезпечення постраждалих робітників.

З огляду на ці виклики, питання безпечної експлуатації технологічного та ремонтного обладнання набувають великого значення. Підвищення рівня автоматизації та механізації виробництва не призводить до зниження ризиків травмування, оскільки сучасне обладнання вимагає постійної присутності обслуговуючого персоналу для спостереження, регулювання, технологічного контролю та

своєчасного проведення ремонтних робіт. Недотримання цих вимог може призвести до серйозних наслідків як для безпеки працівників, так і для функціонування підприємства в цілому.

Таким чином, інтеграція високотехнологічного обладнання повинна супроводжуватись розробкою і впровадженням комплексних заходів з охорони праці, що включають регулярні тренінги для працівників, жорсткий контроль дотримання техніки безпеки та своєчасне технічне обслуговування обладнання. Лише такий підхід дозволить мінімізувати рівень травматизму та забезпечити ефективне функціонування підприємства в умовах сучасних виробничих реалій.

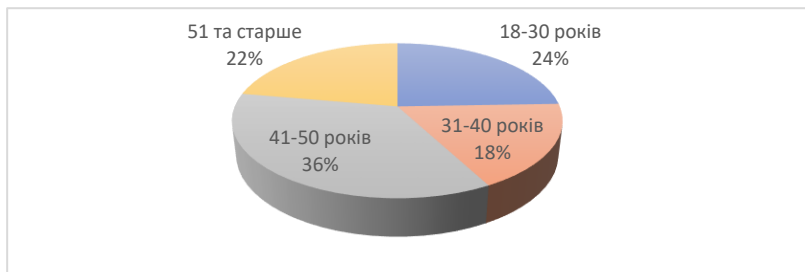


**Рис. 1. Причини настання нещасних випадків**

Основні причини травмування на підприємстві: організаційні причини (76% випадків), такі як незадовільний стан робочого місця, неуважність і необережність при виконанні робіт, порушення вимог з охорони праці[1, 2].

Статистика нещасних випадків за віковими групами (2019-2023):

- 18-30 років: 24,4%.
- 31-40 років: 17,8%.
- 41-50 років: 35,6%
- 51 і старше: 22,2 %.



**Рис. 2. Статистика нещасних випадків за віком постраждалих**

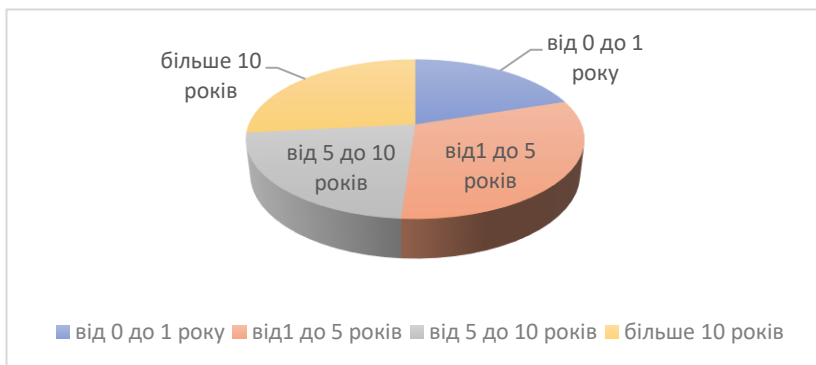
Залежність травматизму від досвіду роботи:

Менше 1 року: 20%.

Від 1 до 5 років: 31%.

Від 5 до 10 років: 22%.

Більше 10 років: 27%.



**Рис. 3. Статистика нещасних випадків за досвідом роботи**

Основні заходи з підвищення безпеки:

- попередження нещасних випадків і підвищення рівня оснащення засобами безпеки.
- попередження захворюваності на виробництві та підвищення рівня оснащення засобами виробничої санітарії.
- поліпшення умов праці для зниження рівня травматизму та професійної захворюваності.

### Перелік використаних джерел

1. <https://dsp.gov.ua/category/diyalnist/travmatyzm-statystyka-prychynu/>
2. Банк даних | Державна служба статистики України

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-176>

## ANALYSIS OF LABOR PROTECTION REQUIREMENTS FOR A CONVEYOR OPERATOR

### АНАЛІЗ ВИМОГ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ МАШИНІСТА КОНВЕЄРА

**Cheberyachko S.I.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnica",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко С.І.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Cheberichko Yu.I.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnica",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко Ю.І.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Tregub I.A.,**

*Student (gr. 263-23-2m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnica",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Трегуб І.А.,**

*студент гр. 263-23-2м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У посадові обов'язки машиніста конвеєра входить забезпечення безпечної та безперебійної роботи конвеєрного обладнання, а також контроль технічного стану перевантажувальних вузлів та додаткових пристроїв. Машиніст кожного пуску і зупинки конвеєрного обладнання, контролює рівномірне завантаження стрічки, регулює швидкість залежно від характеристик сировини (її вологості та гранулометричного складу). Важливим завданням є контроль крупності дробленої руди, що дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу. Перед

ремонтom машиніст виконує огляд обладнання, проводить його очищення та підготовку, а також регулярні профілактичні огляди користувачів для випадкового виявлення можливих несправностей.

Крім того, до вимог охорони праці, машиніст зобов'язаний забезпечити безперебійну роботу конвеєра шляхом систематичного моніторингу стану обладнання та оперативної передачі інформації про будь-які відхилення від нормального режиму роботи. У разі виявлення несправностей працівник повинен негайно вжити заходи щодо усунення причин зупинки або аварійних ситуацій, які впливають на роботу конвеєра. Серед обов'язків також регулюється натяг конвеєрної стрічки та подачі слабого мастила в редуктор. Контроль рівня мастила в редукторах та маслобаках є елементом профілактичного обслуговування.

Перед початком зміни машиніст повинен перевірити наявність і справність усіх засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), таких як захисна каска, респіратор, протишумові вкладиші, захисні окуляри, спеціальні рукавиці. Спецодяг має відповідати розміру працівника, але в справному стані, що включає ризик його захоплення рухомими частинами обладнання. Працівник зобов'язаний отримати наряд-допуск на виконання робіт, пройти інструкцію з охорони праці та підтвердити ознайомлення з вимогами своїм підписом у книзі нарядів.

Машиніст конвеєра зобов'язаний регулярно перевіряти стан робочого місця, обладнання та системи захисту, що включає справність аварійних вимикачів, блокувальних пристроїв, захисних кожухів, сигналізації та засобів колективного захисту. Контроль за первинними засобами пожежогасіння, такими як вогнегасники, комплектація пожежних щитів та стан системи автоматичного пожежогасіння, є невід'ємною частиною роботи.

Прийом зміни на основі спільного огляду обладнання з попереднім змінником та перегляд із записами в журналі прийому-здачі змін. У разі виявлення дефектів або відкриття, працівник зобов'язаний зараз повідомити керівника робіт та не приступати до виконання завдань до усунення виявлених проблем. Машиніст відповідає також за підготовку робочого місця до безпечної роботи, що включає прибирання сторонніх предметів, звільнення проходів та перевірку освіти.

Перед початком конвеєра необхідно переконатися у людей поблизу приводів та перевірити наявність і справність захисних пристроїв, огорож, блокувань та заземлень. Пуск обладнання лише після отримання підтвердження від оператора фабрики. Дистанційний запуск запускається з пульта керування або за допомогою ключа місцевого

управління (КМУ). Перед запуском основного обладнання активуються допоміжні системи (маслостанції, аспіраційні установки), і машиніст має переконатися в їх справності.

На підприємствах діє програма «Безпечний робочий простір», яка має на меті виявлення ризиків на робочих місцях та розробку заходів для їх зниження до прийнятого рівня. Основні етапи програми включають навчання працівників з оцінки ризиків, ідентифікацію небезпек, розробку та впровадження заходів з мінімізації ризиків, моніторинг функціонування систем безпеки, перегляд ризиків та залучення працівників до процесу.

Усі визначені під час прийому зміни проблеми заносяться в журнал прийому-здачі, підписуються обома працівниками і передаються оператору фабрики для подальшого рішення. У разі неможливості усунення неполадок до початку роботи, необхідно повідомити керівника та не приступати до виконання завдань. Робоче місце слід підготувати до безпечної роботи: звільнити проходи, прибрати сторонні предмети та перевірити первинні засоби пожежогасіння. Експлуатація обладнання з відсутніми засобами колективного захисту категорично забороняється.

### **Перелік використаних джерел**

1. Інструкція з охорони праці для машиніста конвеєру

## MODERN ECO-FRIENDLY PRACTICES AND PROSPECTS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-177>

### ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL HAZARD OF PRYDNIPROVSK TPP COAL COMBUSTION WASTE

### ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВІДХОДІВ СПАЛЮВАННЯ ВУГІЛЛЯ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ТЕС

**Berezniak O.O.,**

*PhD Student,  
Research Assistant, Dnipro University  
of Technology,  
Dnipro, Ukraine*

**Березняк О.О.,**

*аспірантка, науковий співробітник,  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»,  
м. Дніпро, Україна*

**Borysovska O.O.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor,  
Dnipro University of Technology,  
Dnipro, Ukraine*

**Борисовська О.О.,**

*к.т.н., доцент,  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»,  
м. Дніпро, Україна*

**Berezniak O.O.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor,  
Dnipro University of Technology,  
Dnipro, Ukraine*

**Березняк О.О.,**

*к.т.н., доцент,  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»,  
м. Дніпро, Україна*

Environmental hazards are threats to the natural environment, health of people and other living beings, which may arise due to various types of activities, such as industrial production, agriculture, transport and others. This can include water, air, and soil pollution, as well as the destruction of biodiversity and climate change.

Environmental hazard assessment includes the following steps:

- identification of possible threats to the natural environment;
- assessment of the impact of these risks on the environment and human health;

- vulnerability assessment; identifying which ecosystems or groups of people are most at risk;
- development of a strategy to minimize risks or eliminate threats.

Threats identification. On January 1, 2018, the Directive 2001/80/EC on limiting emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants began to be implemented in Ukraine. The agreement regulates  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  and  $\text{PM}_{10}$  emissions from existing thermal power plants. The parties to the agreement are the EU and nine Contracting Parties, including Ukraine. Coal contains nitrogen and sulfur. Accordingly, in the process of its burning, such pollutants as carbon monoxide  $\text{CO}$ , sulfur dioxide  $\text{SO}_2$ , nitrogen dioxide  $\text{NO}_2$ , as well as fly ash in the form of suspended fine particles containing up to 30% of  $\text{PM}_{10}$  are released into the atmospheric air [1]. A feature of fly ash particles is a highly developed specific surface, which is formed under the influence of high temperatures during coal combustion [2]. Due to this, ash particles intensively absorb molecules of various compounds, including toxic ones (boron, vanadium, arsenic, strontium, beryllium, etc.), from the flow of flue gases. During the long-term accumulation of large volumes of coal combustion waste in the ash storage facility, toxic compounds contained on the surface of fly ash particles, under the influence of external factors, enter the natural environment, creating a threat to it.

Impact assessment. A significant part of the existing TPP ash storage facilities was designed in the 1960s and 70s of the 20th century, so almost all of them have exhausted their design capacity for waste accumulation. However, at a notable number of the ash storage facilities, particularly at the Prydniprovsk TPP, the accumulation of fly ash continues, which currently significantly exceeds the design indicators. Under such conditions, the presence of heavy metals and toxic substances in fly ash particles contributes to the pollution of the soil and groundwater of the surrounding areas. This can affect local ecosystems and lead to a loss of biodiversity, including a change in plant species composition, as well as a decrease in crop yields. At the same time, fly ash is a finely dispersed material. When the beaches of the ash storage facilities dry out, the particles easily change to a suspended state; under favourable conditions, they are lifted by the wind quite high and transported to considerable distances. The expansion of the area of ash storage facilities leads to an increase in wind erosion from the surfaces of dry beaches due to pretty high values of the average annual surface wind speed, which are characteristic of the Dnipropetrovsk Oblast in general and the city of Dnipro in particular [3]. Accordingly, the increase in wind erosion of fly ash leads to significant pollution of the atmospheric air of the city of Dnipro with suspended  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  particles, as well as increases the sedimentation of

suspended particles in the areas adjacent to the ash storage facilities. Thus, over time, ash storage facilities become sources of secondary pollution of the environment since the content of harmful substances in them gradually but steadily increases.

**Vulnerability assessment.** An area of soil, atmospheric air, and water contaminated with compounds of heavy metals and toxic substances is formed around the TPP ash storage facilities, which accumulate pollution for many years due to the lack of processing of the stockpiled fly ash [4,5]. According to the results of studies [6,7], long-term exposure to such pollutants can lead to a severe deterioration in the health of the population living in this area. In particular, the risk of respiratory and allergic diseases, diseases of the cardiovascular and central nervous systems increases, as well as the risk of genetic damage. People with a weakened immune system and existing chronic diseases are the most vulnerable to the effects of such pollutants.

**Strategy to minimize risks.** According to various estimates, up to 500 million tons of coal combustion waste have been accumulated in the ash storage facilities of Ukrainian thermal power plants. According to research materials [8], the utilization rate of coal combustion waste in Ukraine is about 30%. The strategy for minimizing environmental risks associated with the accumulation of enormous amounts of coal combustion waste products in TPP ash storage facilities consists of the development of an environmentally safe and waste-free technology for processing the stockpiled fly ash, the implementation of which will allow the complete processing and utilization of the accumulated coal combustion waste products. In particular, this technology should provide, in addition to the processing and utilization of the carbon-containing product, the extraction and utilization of the iron-containing fraction of the stockpiled fly ash [9,10].

### **Bibliography**

1. Березняк О.О. Оцінка питомого пиловиносу із золосховища Придніпровської ТЕС. «Наукова весна» 2024: матеріали XIV міжнар. наук.-техн. конф. аспірантів та молодих вчених (Дніпро, 27-29 березня 2024 р.). Дніпро: НТУ «ДП», 2024. С. 85-86.

2. Єгоров П.О., Березняк О.О. Технологія переробки зол теплових електростанцій. *Збагачення корисних копалин: наук.-техн. збірник*. 2004. № 19(60). С. 51-57.

3. Метеорологічні показники міста Дніпро за 2023 рік (загол. з екрану). URL: <https://www.meteoblue.com> (дата звернення 26.06.2024)

4. Трахтенгерц Г.Я. Вплив накопичувачів відходів гірнично-збагачувального комплексу України на довкілля. *Довкілля та здоров'я*. 2015. № 2. С. 58-61.

5. Kharytonov, M., Martynova, N., Babenko, M., Kovrov, O., Frolova, L., González, P.H. Application of flocculated sewage sludge for growing miscanthus on post-mining lands. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. № 81(1). P. 403-419. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.226286>

6. Muhammad Ehsan Munawer Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes. *Journal of Sustainable Mining*. 2018. № 17(2), P. 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2017.12.007>

7. Juciano Gasparotto, Kátia Da Boit Martinello (2021) Coal as an energy source and its impacts on human health. *Energy Geoscience*. 2021. Volume 2. Issue 2. P. 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.engeos.2020.07.003>

8. Харитонов М.М., Рула І.В., Мартинова Н.В., Золотовська О.В., Березняк О.О. Особливості процесів термолізу вугільної золи виносу та осаду стічних вод окремо та в суміші з біомасою енергокультур. *Екологічні науки*. 2024. № 3(54). С. 113-120. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.17>

9. Березняк О.О. Оцінка реологічних властивостей важких суспензій на основі залізовмісної фракції золи виносу ТЕС. «Наукова весна» 2024: матеріали XIV міжнар. наук.-техн. конф. аспірантів та молодих вчених (Дніпро, 27-29 березня 2024 р.). Дніпро: НТУ «ДП», 2024. С. 87-88.

10. Berezniak O., Kharytonov M. Cost-effective technology for heat power stations ashes processing and utilization. *Applied Biotechnology in mining: international conference proceedings (April 25-27, 2018)*. Dnipro: Dnipro University of Technology, 2018. P. 85.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-178>

**DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGICAL MEASURES  
TO MINIMIZE THE IMPACT OF HYDROTECHNICAL  
STRUCTURES OF A MINING AND PROCESSING PLANT  
ON NATURAL WATER RESOURCES (CASE STUDY:  
PJSC “INGULETSKY MINING AND PROCESSING PLANT”)**

**РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ  
ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ВПЛИВУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД  
ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ  
НА ПРИРОДНІ ВОДИ (НА ПРИКЛАДІ ПРИВАТНОГО  
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА “ІНГУЛЕЦЬКИЙ  
ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ”)**

**Volkova A.O.,**  
*student (group 183-23-1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Волкова А.О.,**  
*студент гр.183-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Довготривала експлуатація родовищ і переробка залізних руд має катастрофічний вплив на навколишнє природне середовище і викликає критичні порушення породного масиву, порушення режиму та забруднення поверхневих і підземних вод, забруднення повітря і ґрунтів. Повністю компенсувати екологічні і економічні збитки у Кривбасі неможливо не лише тому, що на практиці неможливо відновити на території використання надр біоценози, які тут були до розробки родовищ, а тому що неможливо відновити рельєф, геохімічні і гідрологічні умови і багато іншого. Крім того, при спробі приведення території до початкового стану витрати на їх екологічну реабілітацію зростають настільки, що втрачаються економічні стимули роботи гірничодобувних і переробних підприємств. Стає очевидним, що треба по можливості максимально мінімізувати вплив на довкілля діяльності підприємств під час їх роботи і створити комфортні умови для життя людини і існування флори і фауни в природно-техногенному середовищі.

На території Кривбасу виділяється чотири райони, в яких здійснюється активний видобуток залізної руди та локалізовані великі видобувні та переробні потужності. Специфічним для України, взагалі,

та Криворіжжя, зокрема, є значне домінування відходів, що утворюються при розробці родовищ корисних копалин (до 75% загального обсягу) та збагаченні (13–14%) [5]. Існуючі технології збагачення залізних руд передбачають складування відходів виробництва («хвостів») у спеціальних резервуарах – хвостосховищах, у які вони подаються у вигляді водяної пульпи. Сьогодні у хвостосховищах Криворіжжя акумульовано понад 2,0 млрд. м<sup>3</sup> відходів збагачення руди [1].

Гідрологічна мережа Криворіжжя представлена річкою Інгулець та його притокою – р.Саксагань, а також великими балками й водотоками, які є результатом історії розвитку території, а також сучасних фізико-географічних процесів [2]. У басейні р.Інгулець у районах, в яких діють гірничо-збагачувальні комбінати, відбуваються корінні зміни усіх елементів ландшафту, що спричиняє розвиток специфічних геохімічних процесів, що впливають на хімічний склад води водних об'єктів природного і техногенного походження.

Схема збагачення залістистих кварцитів на Інгулецькому гірничозбагачувальному комбінаті передбачає декілька технологічних етапів, а саме: дроблення в 3–4 стадії, 3 стадії подрібнювання, 4–5 стадій магнітної сепарації та флотаційну доводку. Останній етап збагачення – обернена катіонна флотація є унікальним для криворізьких гірничозбагачувальних комбінатів методом, що дозволяє доводити концентрат із бідних руд до 67,0 та більше відсотків заліза. Але при цьому використовуються високо токсичні сполуки – флотореагенти, які за хімічною природою є аліфатичними амінами [5].

Відходи збагачення (пульпа) складаються у хвостосховищах. Крім основного призначення – складування відходів видобутку і збагачення залізної руди, хвостосховища виконують важливу водорегулюючу функцію, оскільки є найважливішою складовою ланкою системи оборотного водопостачання комбінатів.

Фільтрація забруднених вод з хвостосховищ є складною і багатогранною проблемою, яка вимагає комплексного підходу до її вирішення, тому це питання залишається актуальним і потребує подальшого розгляду і проведення додаткових досліджень.

Важливим елементом для контролю за фільтрацією підземних вод, особливо в контексті хвостосховищ є облаштування протифільтраційних завіс. Протифільтраційна завіса служить для запобігання міграції забруднюючих речовин у підземні води та зменшення їх негативного впливу на навколишнє середовище. Разом з усуненням обводненості, усувається також загроза зсувів і обвальних явищ. В рамках даного

дослідження запропоновано розглянути різні варіанти конструкцій протифільтраційних завіс. Найбільш ефективні за надійністю та відносною простотою будівництва:

- Стіна в ґрунті – цей спосіб полягає у влаштуванні траншеї глибиною від 6 до 20 м, із заглибленням у водоупорний горизонт.

- Бурунабивні свердловини з глиноцементним розчином. Протифільтраційні завіси свайного типу влаштовуються з взаємно перекриваючих свердловин великого діаметра (0,6 м), заповнених глиноцементним розчином.

- Шпунт Ларсена. Цей метод полягає у влаштуванні протифільтраційної завіси шляхом віброуглублення металевого шпунта на всю глибину фільтруючих шарів ґрунту з проникненням у водоупорний горизонт.

- Джет-свая. Сучасний метод, при якому буряться сваї діаметром 125мм з кроком 1 м з подальшим нагнітанням під високим тиском по всій окружності глиноцементного розчину.

- Плоский Джет. Цей метод відрізняється від попереднього тим, що нагнітання цементного розчину виконується під великим тиском і тільки в одній площині перпендикулярно до фільтраційного потоку, що дає можливість зменшити товщину завіси до 30 см, що забезпечує економію матеріалів.

Облаштування протифільтраційної завіси є комплексним процесом, що вимагає ретельного планування, вибору відповідних матеріалів і технологій, а також постійного моніторингу для забезпечення надійності та ефективності системи.

Довготривала експлуатація гірничодобувних підприємств негативно впливає на гідрологічні ресурси та екосистеми. Ефективна мінімізація цього впливу є важливим етапом для збереження навколишнього середовища.

Запропоновані методи протифільтраційних завіс забезпечують надійний захист від забруднення підземних вод. Впровадження таких технологій здатне зменшити ризик проникнення забруднюючих речовин у природні водні об'єкти і має потенціал стати частиною екологічної стратегії, яка сприяє сталому розвитку та підвищенню рівня екологічної безпеки.

### **Перелік використаних джерел**

1. Багрій І. Д., Блінов П. В., Белокопитова Н.А. та ін. Геоecологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі. К.: Фенікс, 2002. 190 с.

2. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. К.: Ніка-Центр, 2003. 324 с.
3. Довгий С.О., Шестопалов В.М., Коржнев М.М. та ін. Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення. К.: Наукова думка, 2007. 347с.
4. Довгий С.О., Іванченко В.В., Коржнев М.М. та ін. Асиміляційний потенціал геологічного середовища України та його оцінка. К.: Ніка-Центр, 2016. 172с.
5. Іпатко Ю.М., Малахов І.М. Періоди техногенезу гірничого Кривбасу. *Геологічний журнал*. 2004. № 1. С. 62–69.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-179>

## THE PROSPECTS OF USING THE CONSTRUCTED WETLAND FOR DECONTAMINATION OF THE AQUATIC ECOSYSTEMS FROM RADIATION POLLUTION

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПЛАТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ВІД РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

**Yesipova N.B.,**

*PhD (Biology), Associate Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Єсіпова Н.Б.,**

*к.біол.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Забруднення природних водойм речовинами техногенного походження є загрозливою проблемою в усьому світі. Токсичні сполуки, потрапляючи у водні екосистеми, порушують баланс між їх структурними компонентами і приводять до поступової деградації. Особливу небезпеку уявляють радіонукліди, що надходять у водойми зі стічними водами підприємств різних галузей промисловості: хімічної, нафто-газової, металургійної, гірничої, атомно-енергетичної. За результатами міжнародного моніторингу радіоактивність пластової води на окремих ділянках нафтовидобувних підприємств в 5-30 разів перевищує радіоактивність скидних вод АЕС. Разом з нафто-водною сумішшю на поверхню потрапляють солі радіо-226, торію-232 і калію-40 [1].

Потенційну загрозу несуть відвали спрацьованих уранових руд, які зосереджені у хвостосховищах. Встановлено, що сконцентровані залишки уранового виробництва разом із ґрунтовими водами поступово потрапляють у поверхневі води, викликаючи їх радіаційне забруднення [2].

Шахтні води гірничо-добувних підприємств часто містять високі концентрації природних радіонуклідів ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ), крім того, в місцях залягання метану відмічається підвищений фон радону [3].

Сучасні системи моніторингу природних водойм у США і країнах ЄС характеризуються переходом від виключно хімічних методів контролю до біологічних. Використання гідробіонтів в якості тест-об'єктів дозволяє виявити хронічне забруднення малими дозами, при якому токсиканти можуть не фіксуватись звичайними хімічними методами, але проявляти свій токсичний ефект шляхом акумуляції в живих компонентах.

Серед гідробіонтів найбільш активними накопичувачами радіонуклідів у водоймах є молюски і вищі водні рослини. Молюски утворюють значні за біомасою та чисельністю поселення у прісноводних водоймах. Так, в акваторії Запорізького (Дніпровського) водосховища біомаса двостулкових молюсків роду *Dreissena* в літній період досягає  $3,9 - 4,7 \text{ кг/м}^2$  [4]. Фільтраційна активність дрейсени займає 70 – 85 % часу протягом доби. Вода, яка пройшла через фільтраційний апарат дрейсени, майже повністю звільняється від мінеральних і органічних речовин [5]. Крім того, молюски здатні накопичувати радіоактивні ізотопи в своєму організмі, виводячи їх зі стану інтенсивного колообігу [6]. Мушлі відмерлих молюсків можуть додатково поглинати  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  з води. Переважно іде накопичення  $^{90}\text{Sr}$ . Процес накопичення радіонуклідів мушлями пов'язаний з адсорбцією даних радіонуклідів на внутрішній поверхні арагонітових утворень [7].

Активними накопичувачами радіонуклідів є вищі водні рослини. Визначено, що найбільш активно  $^{137}\text{Cs}$  накопичується в монодомінантних заростях очерету звичайного [8]. На підставі цієї особливості було розроблено біоплато з використанням наземних рослин (ячмінь, овес, кукурудза та ін.), які мають високу здатність поглинати техногенні радіонукліди і швидко нарощувати біомасу [9]. Автори запатентованої розробки пропонують розміщувати рослини на шарі-поплавоку з перліту та гранульованого пенопласту, який забезпечує плавучість. Рослини, вирощені гідропонним способом, будуть створювати шар біологічного навантаження. Таке штучне біоплато можна використовувати для очищення від радіонуклідів водойм-охолоджувачів, промислових і побутових стоків та ін.

За нашою розробкою, у водоймі або ділянці водойми, що знаходяться в зоні радіоактивного забруднення, пропонується створення біоплато, в якому роль біологічних компонентів-очищувачів будуть виконувати гідробіонти – молюски роду *Dreissena* і вищі водні рослини (рогоз, очерет) [10]. Молюски заселяються на штучні майданчики, які уявляють собою металеву або пластикову решітку розміром  $1 \times 1 \text{ м}$ . Майданчики кріпляться в акваторії на глибині 1 – 1,5 м до кілок або паль.

На майданчику можна помістити 1 друз дрейсени (у середньому 10-15 екз.). Друз швидко кріпиться до субстрату міцними нитками – бісусами, які виділяє моллюск. Збільшення маси друзу відбувається шляхом послідовного багатощарового поселення моллюсків один на одного. Відомо, що 1 екз. дрейсени здатний профільтрувати за добу 12 л води. Виходячи з цього, можна розрахувати кількість друзів, які необхідно розмістити у конкретній водоймі. Біологічне навантаження можна регулювати шляхом підняття майданчика і видалення надлишкової біомаси моллюсків.

Вищі водні рослини (очерет, рогіз) є постійними структурними компонентами прибережних біоценозів прісних водойм. Вони швидко ростуть, невибагливі до умов, активно вилучають токсичні речовини з води і ґрунтів, і тим самим, будуть запобігати накопиченню радіонуклідів у донних відкладах і вторинному забрудненню води. Регулювати фітомасу можна шляхом викошування надлишку рослин.

Таким чином, біологічні методи очищення водойм від радіаційного забруднення шляхом створення біоплата є мало витратними і екологічно безпечними, що робить їх перспективними для практичного застосування.

### Перелік використаних джерел

1. Гриценко А.В., Дмитрієва О.О., Вітько В.І., Ткачова О.В. Підвищення радіаційної безпеки нафтогазових родовищ. XVII Міжнар. наук.-практич. конф. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення*. Зб. наук. ст. 13–17 вересня 2021р. м. Харьков. С. 7–14.

2. Лаврова Т.В. Радіоекологічний моніторинг майданчиків спадщини уранового виробництва : дис...канд. біол. наук : 03.00.01 / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2023. 237 с.

3. Босак П., Попович В. Екологічна небезпека підтериконових стічних вод Нововолинського гірничопромислового району. Львів: ЛДУ БЖД, 2022. 231 с.

4. Молода О.П. Сезонний і просторовий розподіл моллюсків роду *Dreissena* у Запорізькому водосховищі. *Біорізномобразие и роль животных в экосистемах*: Матеріали X Международной научной конференции. Днепр, 2019. С. 3 – 4.

5. Домбровський К.О. Значення дрейсени у формуванні індивідуальних консорцій. *Вісн. Запорізького націон. ун-ту*. 2009. №2. С. 30 – 38.

6. Tan K., Cai X., Tan K., Kwan K. Y. A review of natural and anthropogenic radionuclide pollution in marine bivalves. *Science of The Total Environment*. 2023. V. 896. 165030 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165030>

7. Лукашов Д.В. Роль двостулкових моллюсків у міграції радіонуклідів в екосистемі водойми-охолоджувача Чорнобильської АЕС: автореф. дис.... канд. біол. наук: 03.00.01. Київ, 2010. 11 с.

8. Пришляк С.П. Радіонуклідне забруднення вищих водяних рослин та роль гелюфітів у міграції  $^{137}\text{Cs}$  у прісноводних водоймах : дис...канд. біол. наук : 03.00.17 / Інститут гідробіології НАН України. Київ, 2018. 183 с.

9. Біоплато для очищення стічних вод та водойм від радіонуклідів: пат. 107555 Україна. МПК (2016.01) C02F3/32, E02B15/00. № у 2015 13003; заяв. 29.12.2015; опубл. 10.06.2016, Бюл. № 11. 7 с.

10. Спосіб очищення води від радіонуклідів: пат. 157447 Україна. МПК (2024.01) C02F3/32, E02B15/00. № у 2024 01650; заяв. 03.04.2024; опубл. 16.10.2024, Бюл. № 42. 6 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-180>

## OVERVIEW OF SOME OF THE RESULTS OF THE EDUCATIONAL TECHNICAL AND ENVIRONMENTAL PRACTICE AT A STEELMAKING ENTERPRISE

### ОГЛЯД ДЕЯКИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОХОДЖЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ТЕХНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ПРАКТИКИ НА СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

**Zhelezniak Ye.M.,**  
*Student (group 183-22-1),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Железняк Є.М.,**  
*студентка гр. 183-22-1,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Repin M.V.,**  
*PhD (Engineering),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Репін М.В.,**  
*к.т.н.,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Maksymova N.M.,**  
*PhD (Engineering),  
Associate Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Максимова Н.М.,**  
*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Наприкінці навчання на другому курсі бакалаврату передбачено проходження здобувачами навчальної техноекологічної практики. На підставі конкурсного відбору охочим здобувачам надавалась можливість ознайомитись з сучасними сталеплавильним виробництвом на прикладі Promet Steel, м. Бургас, Болгарія. Дане підприємство виробляє сортовий і фасонний прокат. Виробничий процес характеризується високою автоматизацією на усіх його технологічних ланках.

Під час проходження навчальної техноекологічної практики здобувачем основна увага приділялась ознайомленню з системою оборотного водопостачання підприємства, зокрема оборотним циклом сталеплавильних цехів, а також огляду їх окремих елементів.

Наприклад, відбулось ознайомлення з промисловими градирнями, які призначені для охолодження теплоносія, тобто нагрітої води; середньою продуктивністю установки  $\sim 1,2$  тис.  $\text{м}^3/\text{год}$ . По напірному трубопроводу подається вода до градирні, що розташована на висоті задля створення ефективного конвекційного потоку водяної пари у атмосферне повітря, з подальшим її природним розсіюванням та охолодженням. Звуження корпусу в центральній частині сприяє прискоренню ламінарної течії потоків, без переходу до турбулентного режиму. Збільшення площі водяного дзеркала сприяє більш швидкому розсіюванню водяної пари. Після охолодження вода подається до оборотного циклу на виробничі ділянки.

Також, доволі цікавим був практичний досвід щодо очищення води від мастил, металевих домішок (просипу та ін.) тощо.

Загалом відбулось ознайомлення з двома основними циклами водопостачання підприємства «малим», який заснований на «природньому» охолодженні нагрітої води у градирнях, і «великим», останній відрізняється необхідністю доочищення вод за використанням механічних, біологічних та хімічних методів. Моніторинг технологічних процесів на підприємстві максимально автоматизовано. Лабораторними методами виконується контроль оборотної води, що стало одним з предметів дослідження й здобувача на практиці.

В лабораторії проводиться аналіз води щодо наступних показників:

- рН;
- нерозчинені речовини
- хімічне споживання кисню;
- БПК<sub>5</sub>;
- амонійний азот;
- загальний фосфор;
- загальний азот;
- шестивалентний хром;
- загальний хром;
- нафтопродукти;
- загальне залізо;
- олово;
- нікель;
- кадмій;
- мідь.

Також вивчався принцип дії та практичне застосування ультразвукового витратомірів типу FS300, що використовується для вимірювання витрати рідини в напірних трубопроводах.



**Рис. 1. Витратомір ультразвуковий типу FS300 – «затискач»**

Набутий досвід не лише вдосконалює практичні навички здобувача, але й сприяє розвитку екологічної свідомості та розширенню кругозору.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-181>

## **ANALYSIS OF THE SYSTEM OF STANDARDS AND STANDARDS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION**

### **АНАЛІЗ СИСТЕМИ СТАНДАРТІВ І НОРМАТИВІВ З ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**Zhelezniak Ye.M.,**  
*Student (group 183-22-1),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Железняк Є.М.,**  
*студентка гр. 183-22-1,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Cheberiachko Yu.I.,**  
*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко Ю.І.,**  
*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Maksymova N.M.,**  
*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Максимова Н.М.,**  
*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Охорона довкілля є фундаментальною сферою суспільної діяльності, що потребує ретельного нормативно-правового регулювання. З метою

забезпечення екологічної безпеки в Україні сформовано розгалужену систему стандартів та нормативів, які визначають основні вимоги та параметри щодо різних напрямків природоохоронної роботи. Ця система є комплексною, багатоаспектною та виступає важливим інструментом реалізації державної екологічної політики.

Базовими законодавчими актами, що формують нормативно-правову основу системи стандартів у сфері охорони навколишнього природного середовища, є:

1. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" – визначає загальні правові, економічні та соціальні засади організації охорони природи.

2. Закон України "Про оцінку впливу на довкілля" – регулює процедури оцінки впливу планованої діяльності на навколишнє середовище.

3. Закон України "Про управління відходами" – встановлює правові, організаційні та економічні основи поводження з відходами.

Ці базові законодавчі акти закріплюють ключові принципи, інституційні механізми та економічні важелі природоохоронної діяльності в Україні.

На основі зазначених законодавчих засад розроблено комплекс підзаконних нормативно-технічних документів, що формують зміст системи стандартів у сфері екології. До ключових елементів цієї системи належать:

– Державні будівельні норми (ДБН). Ці нормативи встановлюють вимоги до проектування, будівництва та експлуатації об'єктів з урахуванням їхнього впливу на довкілля. ДБН регулюють екологічні характеристики будівель, споруд, інженерних комунікацій тощо.

– Державні санітарні норми і правила (ДСанПіН) визначають гігієнічні вимоги до якості компонентів природного середовища – атмосферного повітря, води, ґрунтів, а також до окремих видів продукції та послуг.

– Державні стандарти України (ДСТУ) встановлюють загальні вимоги, норми, правила, характеристики щодо продукції, процесів, послуг з метою забезпечення їхньої екологічної безпеки.

– Галузеві нормативи. До цієї групи належать галузеві нормативи гранично допустимих викидів (ГДВ) та скидів (ГДС) забруднюючих речовин. Вони визначають кількісні показники допустимих викидів та скидів для окремих підприємств і організацій.

Таким чином, ключові нормативно-технічні документи системи стандартів у сфері охорони довкілля спрямовані на регулювання широкого спектру питань, пов'язаних із забезпеченням екологічної безпеки.

Стандарти якості води в Україні регулюються низкою документів, зокрема:

ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". Цей документ встановлює нормативи показників хімічного, мікробіологічного, радіологічного складу питної води, вимоги до її якості та методи контролю.

ДСТУ 4808:2007 "Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання". Стандарт визначає вимоги до якості води в джерелах централізованого питного водопостачання та процедури відбору проб.

ДСТУ 7525:2014 "Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості". Цей документ встановлює загальні вимоги до питної води, методи її аналізу та контролю якості.

Таким чином, зазначені стандарти комплексно регулюють питання забезпечення якості питної води в Україні.

Стандартизація у сфері охорони ґрунтів здійснюється згідно з такими ключовими документами:

ДСТУ 4362:2004 "Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів". Стандарт визначає систему показників, за якими оцінюється якість і родючість ґрунтів.

ДСТУ 4287:2004 "Якість ґрунту. Відбирання проб". Нормує методи та процедури відбору ґрунтових проб для подальшого аналізу.

ДСТУ 7944:2015 "Якість ґрунту. Визначення вмісту органічного вуглецю за методом Тюріна в модифікації ЦІНАО". Встановлює методику визначення вмісту органічного вуглецю в ґрунті.

ДСТУ ISO 10381-1:2004 "Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб". Регламентує загальні принципи розробки програм відбору ґрунтових проб.

Ці стандарти забезпечують комплексну регламентацію процесів оцінки та контролю якості ґрунтів в Україні.

Основні стандарти у сфері поводження з відходами в Україні включають:

ДСТУ 3910-99 "Охорона природи. Поводження з відходами. Класифікація відходів. Порядок найменування відходів за генетичним принципом і віднесення їх до класифікаційних категорій". Цей стандарт розроблений для забезпечення системності у створенні і використанні баз даних і інформаційних систем з відходів, їхніх показників, методів контролю, технологій перероблення й утилізації, зокрема знешкодження небезпечних відходів.

ДСТУ 4462.0.01:2006 "Охорона довкілля. Поводження з відходами. Терміни та визначення понять" встановлює терміни та дефініції, що застосовуються у сфері поведження з відходами.

ДСТУ 4462.3.01:2006 "Охорона довкілля. Поводження з відходами. Порядок здійснення операцій" регламентує процедури збирання, перевезення, зберігання, оброблення, утилізації та видалення відходів.

ДСТУ 4462.3.02:2006 "Охорона довкілля. Поводження з відходами. Пакування, маркування та транспортування небезпечних відходів" визначає вимоги до пакування, маркування та транспортування небезпечних відходів.

Таким чином, зазначені стандарти забезпечують комплексне нормативно-технічне регулювання процесів поведження з відходами в Україні.

Система стандартів у сфері охорони навколишнього природного середовища в Україні характеризується:

1. Комплексністю – охоплює широкий спектр питань, пов'язаних із забезпеченням екологічної безпеки.

2. Багатоаспектністю – регулює якість компонентів довкілля, допустимі викиди/скиди, поведження з відходами, екологічні характеристики продукції тощо.

3. Нормативно-правовою забезпеченістю – ґрунтується на базових законодавчих актах, конкретизується у підзаконних нормативно-технічних документах.

4. Важливістю для реалізації державної екологічної політики та забезпечення сталого розвитку.

Отже, комплексна система стандартів і нормативів відіграє ключову роль у регулюванні сфери охорони навколишнього природного середовища в Україні, виступаючи важливим інструментом екологічного управління та забезпечення екологічної безпеки.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-182>

**EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL EFFICIENCY  
OF THE IMPROVEMENT OF THE COKE GAS PURIFICATION  
SYSTEM FROM HYDROGEN SULFIDE  
AT COKE CHEMICAL PRODUCTION**

**ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ  
СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ КОКСОВОГО ГАЗУ  
ВІД СІРКОВОДНЮ НА КОКСОХІМІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

**Копііка І.В.,**

*Student (group 183-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Копійка І.В.,**

*студент гр. 183-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У сучасних умовах розвитку важкої промисловості значно зростає увага до екологічних аспектів та необхідності зменшення викидів шкідливих речовин, особливо в хімічній та металургійній сферах. В коксохімічному виробництві під час отримання коксу утворюється значна кількість побічних газів, зокрема, сірководень ( $H_2S$ ), викиди якого в атмосферу призводять до забруднення повітря, ґрунтів і вод, створюють загрози для екосистем та в силу токсичності вкрай негативно впливають на здоров'я людей. Удосконалення систем очищення коксового газу від сірководню стає пріоритетом для сучасного коксохімічного процесу, яке прагне не лише підвищити ефективність, але й зменшити екологічне навантаження.

Для аналізу ефективності різних способів та методів газоочистки використовувалися лабораторні дослідження шкідливих викидів  $H_2S$ , що дозволяє прогнозувати вплив певних технологій, зокрема абсорбційного методу розчину моноетаноламіну (MEA), на загальний рівень забруднення.

Результати показали, що вдосконалення існуючих систем очищення газу може суттєво знизити обсяги викидів  $H_2S$  – в деяких випадках на 30-50%, залежно від обраної технології. Наприклад, використання біологічних методів очищення дозволяє досягти стійкого зниження рівня  $H_2S$  з мінімальними витратами на енергію, тоді як хімічні методи більш швидкі, але потребують більше ресурсів. Метод MEA є одним з

найефективніших – він добре абсорбує  $H_2S$  та має можливість регенерування розчину абсорбенту.

Модернізація системи очищення коксового газу є важливим кроком до екологічної безпеки в коксохімічному виробництві. Для абсорбційного методу МЕА необхідна модернізація конструкції абсорберу шляхом виготовлення додаткових насадок – це збільшить площу контакту газу та рідини і підвищить ефективність абсорбції. Дане рішення значно знизить рівень викидів  $H_2S$ , зменшить шкідливий вплив на довкілля, покращить умови праці для працівників, допоможе досягти екологічних стандартів, позитивно вплине на репутацію підприємства, що прагне до стійкого та екологічно відповідального розвитку.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-183>

**DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN EFFECTIVE  
AUTOMATED MONITORING SYSTEM WITHIN THE SANITARY  
PROTECTION ZONE IN ACCORDANCE WITH EUROPEAN  
STANDARDS**

**РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ  
АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ  
В МЕЖАХ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ ДОВКІЛЛЯ  
ЗА ЄВРОПЕЙСЬКИМИ СТАНДАРТАМИ**

**Lobko M.R.,**  
*Student (group 183-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Лобко М.Р.,**  
*студент гр. 183-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Санітарно-захисні зони (СЗЗ) – це ділянки навколо промислових об'єктів або джерел підвищеної екологічної небезпеки, де необхідно особливо стежити за станом довкілля та здоров'ям населення. Створення автоматизованої системи моніторингу в межах такої зони стає інструментом контролю екологічних ризиків забруднення атмосферного повітря, зменшення шкідливого впливу на природу та здоров'я.

Європейські стандарти в цій сфері базуються на принципах прозорості, точності, безперервного збору та аналізу даних, а також

використовуються у новітніх технологіях, таких як автоматизація та дистанційні сенсори. Розглянемо основні етапи розробки та впровадження таких систем відповідно до європейських стандартів і директив. Основні принципи автоматизованої системи моніторингу (АСМ) на СЗЗ базуються на безперервному моніторингу ключових екологічних параметрів у режимі реального часу. До параметрів належать рівні забруднення повітря, води, рівень шуму, радіаційний фон, а також інші фізико-хімічні показники. Європейські стандарти вимагають автоматизації процесу збору та обробки даних із зазначенням оперативного реагування на відхилення від норми [1]. Автоматизовані системи базуються на використанні сучасних технологій: датчиків, сенсорних мереж, штучному інтелекті, супутникових знімків та геоінформаційних систем (ГІС). Це дозволяє створювати динамічні моделі стану довкілля і виявляти тенденції розвитку екологічної ситуації. Програма **Copernicus**, ініційована Європейським Союзом, є прикладом ефективного використання супутникових даних для екологічного моніторингу та аналізу змін навколишнього середовища [2].

Європейські стандарти встановлюють чіткі правила обробки даних, що обґрунтовуються на уніфікованих методах збору, зберігання та аналізу інформації. Це дозволяє досягти високої точності та полегшує порівняння даних між кращими регіонами ЄС. Стандарти ISO у сфері екологічного менеджменту включають систематичні підходи до управління інформацією в рамках системи моніторингу [3].

Одним із ключових задач автоматизованої системи є забезпечення швидкого реагування на екологічні надзвичайні ситуації. Відповідно до європейських стандартів необхідно впроваджувати автоматизовані механізми, що запобігають та зменшують вплив промислових аварій на навколишнє середовище і здоров'я населення в рамках системи моніторингу [4].

Автоматизована система моніторингу будується за кількома ключовими принципами, у межах санітарно-захисних зон працює мережа аналізаторів, які можуть бути як стаціонарними, так і мобільними. Ці аналізатори здатні відслідковувати різні види вмісту забруднюючих речовин у повітрі і закінчуючи шумовим впливом на населення. Отримані дані надходять до серверу АСМ, який їх обробляє, аналізує та інтерпретує. Таку систему також можна адаптувати під різне промислове підприємство, що спричиняє негативний вплив на довкілля для прогнозування подальшого розвитку екологічної ситуації.

Впровадження автоматизованої системи моніторингу в межах СЗЗ за європейськими стандартами є важливим кроком щодо зниження екологічних ризиків і забезпечення безпеки довкілля. Досвід ЄС може значно покращити захист навколишнього середовища та здоров'я населення в Україні за умов належного фінансування та використання сучасних технологій для контролю якості повітря..

### Перелік використаних джерел

3. Денисенко І. Ю., Івашенко Т. Г., Печений В. Л. Система моніторингу довкілля в Україні: проблеми та шляхи їх вирішення. *Суднобудування та морська інфраструктура*. 2020. № 1. С. 51–57. URL: [https://doi.org/10.15589/smi2020.1\(13\).7](https://doi.org/10.15589/smi2020.1(13).7) (дата звернення: 22.10.2024).
4. Atmosphere. Copernicus. *Homepage Copernicus*. URL: <https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/atmosphere> (date of access: 22.10.2024).
5. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2015, IDT). *БУДСТАНДАРТ Online – нормативні документи будівельної галузі України*. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64015](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64015) (дата звернення: 22.10.2024).
6. EUR-Lex : Офіційний сайт Європейського Союзу. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0018> (дата звернення: 22.10.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-184>

## ARIDIZATION OF THE LANDS OF UKRAINE

### АРИДИЗАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ УКРАЇНИ

**Miniailo D.O.,**

*Student (group 183-22-1),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Міняйло Д.О.,**

*студентка гр. 183-22-1,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Аридизація (опустелення), деградація земель і посуха є одними з найактуальніших екологічних проблем нашого часу [1]. Це явище негативно позначається на сільськогосподарській продуктивності, економічному розвитку та екологічній безпеці країни [1]. За даними

Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів понад 50% українських земель піддаються впливу ерозії, біля 20% забрудненню [1]. Відтак, виникає потреба в аналізі чинників, що призводять до деградації ґрунтів, а також пошуку рішень для зупинення цих процесів.

Згідно з даними Держстату, на 2022 структура ґрунтового покриву України становила 24 млн га, крім того Україна володіє 8% світового запасу чорноземів, але, на жаль, має високий рівень розораності ґрунтів [2]. До того ж, глобальні зміни клімату, підвищення температур і зменшення кількості опадів ще більше загострюють ці процеси. В Україні збереженням родючості ґрунтів займаються кілька організацій [2]. Серед них – проєкт ФАО ГЕФ, «Українське ґрунтове партнерство», заснований за підтримки міжнародної продовольчої та сільськогосподарської організації (ФАО), громадська спілка «Органічна Україна», що розробляє стратегії захисту та підвищення біорізноманіття, а також вітчизняний виробник мікробних і ферментних препаратів БТУ-ЦЕНТР [2].

Для кращого розуміння проблеми деградації ґрунтів в Україні, компанія БТУ-ЦЕНТР провела соціальне опитування у 2022 році, в якому взяли участь близько 300 господарств [2]. Комерційний директор компанії, Тетяна Хоменко, зазначила, що метою опитування було визначити, наскільки добре агровиробники обізнані про стан своїх ґрунтів [2]. Результати показали, що 51% опитаних господарств мають ґрунти з ознаками деградації [2]. Серед агрохолдингів цей показник склав 50% [2]. Залежно від технології обробки ґрунту, процес деградації був зафіксований на таких рівнях: 65% за традиційного обробки, 44% – за органічного землеробства, і 5% – при використанні ресурсозберігаючих технологій [2]. Найбільше зниження родючості ґрунтів спостерігалось у східних та північних областях: Чернігівській, Сумській, Харківській, Донецькій, Луганській, Кіровоградській та Миколаївській, де 80-100% аграріїв відмітили цю проблему [2]. У центральних та західних регіонах зниження родючості зафіксували 50-80% респондентів [2].

На сьогодні, для збереження продуктивності Україна потребує зрошення понад 2 млн га сільськогосподарських земель [3]. Зокрема, за даними Мінагропроду, площа зрошуваних земель в Україні зменшилася з 2,3 млн га в 1990-х роках до 539 тис. га в 2019 році (без урахування окупованої АР Крим), що є показником значного скорочення [3]. Українська Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату до 2030 року, ухвалена у 2021 році, має на меті зміцнити стійкість країни до кліматичних викликів і допомогти відновленню деградованих земель [4].

Зниження родючості українських земель значною мірою зумовлено незбалансованим землекористуванням [5]. Некомпенсований кругообіг речовин у системі «ґрунт-рослина», а також негативні наслідки агротехнічних заходів призводять до втрат гумусу, кальцію, руйнування

грунтової структури та ерозії [5]. Суттєвий вплив на опустелювання мають несталі аграрні практики, які сприяють деградації ґрунтів [6]. Зокрема, це глибинна оранка, розорювання природних екосистем та схилів, надмірне використання мінеральних добрив, нехтування сівозміною та використання важковагової сільськогосподарської техніки [6]. Ці практики порушують екологічну рівновагу й прискорюють процеси виснаження ґрунтів [6].

Вплив війни ще більше погіршив ситуацію з деградацією земель [7]. Військові дії спричиняють забруднення ґрунтів важкими металами, руйнування ландшафтів і прискорення процесу опустелення, особливо на сході та півдні країни [7]. Зміна мікроклімату сталася в районі Каховської ГЕС унаслідок підриву греблі в червні 2023 року [8]. Відбулося катастрофічне затоплення значних територій нижче греблі, інтенсивне осушування з утворенням ландшафтів, схожих на піщані пустелі, та з часом – заселення рослин на родючих мулових донних відкладах [8]. У результаті відбулись зміни водного і теплового балансу, зниження вологості й підвищення температури повітря, поширення вітрової ерозії ґрунтів, зміна альbedo підстильної поверхні, зростання повторюваності несприятливих погодних явищ [8].

Недостатнє використання аграрного потенціалу України обмежується низкою факторів, серед яких ключовим є зменшення оптимальних умов природного вологозабезпечення на більшій частині території країни через глобальні зміни клімату [9]. Це призвело до того, що в степовій зоні та значній частині лісостепу ефективно землеробство без зрошення стало майже неможливим, створивши загрозу прогресуючого опустелення та перетворення цих регіонів на депресивні [9]. Урядом України було впроваджено Стратегію зрошення та дренажу в Україні на до 2030 року, що передбачає досягнення сталого та екологічно збалансованого розвитку землеробства в Україні [9]. Використання зрошувальних і дренажних систем дозволить, незалежно від погодних умов, підвищити врожайність сільськогосподарських культур у два-три рази порівняно з богарними умовами [9].

Інтенсивне сільське господарство порушує структуру землі та сприяє її деградації [10]. Для зменшення деградації ґрунту необхідно використовувати стійкі методи управління земельними ресурсами. Одним з таких методів є нульова або мінімальна система обробки, що навпаки, збільшує вміст в неї органічних речовин, які допомагають утримувати вологу та мінімізують руйнування [10]. Регулярний моніторинг стану полів дозволяє своєчасно виявляти перші ознаки проблеми [10]. Такі системи дистанційного зондування, як EOSDA Crop Monitoring забезпечують інструменти для моніторингу поточного стану полів а також аналізу змін в динаміці протягом попередніх років і прогнозування можливих змін врожайності в майбутньому [10]. Методи сталого управління земельними ресурсами (зокрема ресурсозберігаюче

сільське господарство, точне внесення добрив, лісорозведення та боротьба із забрудненням) можуть допомогти усунути негативні наслідки деградації ґрунтів до того, як вони стануть незворотними [10].

Таким чином, аридизація земель в Україні є багатофакторною проблемою, яка посилюється внаслідок зміни клімату, нераціонального землекористування та впливу війни [11]. Лише за допомогою стратегічних зусиль і міжнародної співпраці можна зупинити деградацію ґрунтів та відновити їхню продуктивність, що є важливим для забезпечення продовольчої безпеки країни [11].

### Перелік використаних джерел

1. 17 червня – Всесвітній день боротьби з опустелюванням та посухами – Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/17-chervnya-vsivitnij-den-borotby-z-opustelyuvannjam-ta-posuhamy/> (дата звернення 12.10.2024)

2. Деградація ґрунтів України. Як врятувати, відновити і зберегти родючість ґрунту? URL: <https://superagronom.com/articles/589-problema-degradatsiyi-gruntiv-suchasniy-stan-riziki-ta-sposobi-podolannya> (дата звернення 12.10.2024)

3. Climate change issues threaten central Ukraine – UNIAN. URL: <https://swordstoday.ie/climate-change-issues-threaten-central-ukraine-unian/> (дата звернення 12.10.2024)

4. Розпорядження Кабінету Міністрів України Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року | від 20.10.2021 № 1363-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text> (дата звернення 13.10.2024)

5. Tykhenko, R. Problems of restoration of land fertility in the conditions of modern agricultural land use in Ukraine. Collection of Scientific Papers «Scienta», Valencia, Spain. 2023. P.72. URL: [file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/\\_11-1.pdf](file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/_11-1.pdf) (дата звернення 14.10.2024)

6. Сахара по-українськи: як не допустити опустелювання в Україні? – Екодія. URL: <https://ecoaction.org.ua/sakhara-po-ukrainsky.html> (дата звернення 14.10.2024)

7. Soil metamorphosis: Ukrainian study of war impacts on soils – Ukraine War Environmental Consequences Work Group. URL: <https://uwecworkgroup.info/soil-metamorphosis-ukrainian-study-of-war-impacts-on-soils/> (дата звернення 15.10.2024)

8. Війна і клімат – Газета "Світ". URL: <https://svit.kpi.ua/2024/01/05/%D0%B2%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0-%D1%96-%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82/> (дата звернення 15.10.2024)

9. Розпорядження Кабінету Міністрів України Про схвалення Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року| від

14.08.2019 № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Text> (дата звернення 16.10.2024)

10. Деградація Ґрунтів: Причини, Наслідки та Профілактика. URL: <https://eos.com/uk/blog/dehradatsiia-gruntiv/> (дата звернення 16.10.2024)

11. Vasyi Cherklinka on Soil Health And Global Food Security. URL: <https://eos.com/blog/the-impact-of-war-in-ukraine-on-global-food-security/> (дата звернення 16.10.2024)

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-185>

## OVERVIEW OF THE FACTORS OF THE INFLUENCE OF MILITARY ACTIONS ON THE ENVIRONMENT

### ОГЛЯД ЧИННИКІВ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА ДОВКІЛЛЯ

**Navolniev I.Yu.,**

*Head of Internal service Department,  
Metinvest holding, LLC,  
Kyiv, Ukraine*

**Навольнєв І.Ю.,**

*начальник управління ВВ,  
ТОВ «Метінвест холдинг»,  
м. Київ, Україна*

**Maksymova N.M.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Максимова Н.М.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Живучі своїм повсякденним життям, наповненим різноманітними стресами, ваганнями, амбіціями, людина забуває, що вона існує в світі, який є повністю автономною системою, тобто екосистемою [1]. Існування останньої описують ряд законів, наприклад, закон збереження енергії [2].

Намагаючись змінити навколишнє середовище на принципах антропоцентризму, здебільшого, суспільство не розуміє, що насправді, зміна окремих складових компонент в кінцевому результаті може значно впливати на комфортність життя людини. Більш того, втручаючись у цю рівноважну систему людина не може контролювати наслідки. Це ототожнюється з так званим «ефектом метелика» [3].

Одним з таких змінних факторів, який має значний вплив на наше сьогодення, нажалі – є воєнні дії [4, 5]. Задля розуміння зміни стану

довкілля, необхідно провести первинний аналіз різних факторів, пов'язаних з бойовими діями, зокрема в Україні, та їхній зв'язок з відповідними наслідками. Нажаль наразі мало приділялося уваги вивченню постійного впливу наслідків бойових дій на стан навколишнього середовища. Оцінка цих негативних наслідків російській агресії відбувається умовно кажучи «фрагментарно», виходячи з умовної значущості події, масштабування руйнування та змоги економічного обґрунтування, наприклад, руйнування Каховської ГЕС [6, 7], порушення екосистеми Клебан-Бик [8] тощо.

Оцінка воєнних дій потребує комплексного підходу, оскільки їх спрямована дія на довкілля, обумовлена масовим використанням застарілого та сучасного озброєння, яке спричиняє зміни існуючої природної системи вздовж всієї лінії розмежування, а при використанні далекобійної зброї – за її межами, та має вплив на зміну навколишнього середовища, як локального, регіонального, так і міждержавного масштабу. Ці антропогенні впливи зумовлені саме не точковою дією, а впродовж якоїсь значної «лінії розмежування та ураження», яка характеризується сукупністю різноманітних складових, в т.ч.: тривалість бойових дій, використовуване озброєння, інтенсивність бойових зіткнень, наслідки від виростання бойових знарядь (ракет, бомб, снарядів, куль тощо), масованого використання техніки, відходи руйнації, пожежі, котрі виникають на місці бойових зіткнень, тощо [9]. При розрахунках імпульсу впливу зазначених дій треба враховувати й, на перший погляд, малозначущі показники, наприклад, масу порохового заряду патрону. Маса порохового заряду патрону 7,62×39 мм, як й 5,45×39 мм складає приблизно 1,5 г [10-11]. Звісно в світових масштабах – це дуже маленькі значення, але ж треба зазначити, що цих набоїв може використовуватись в Україні сумарно до 1 млрд шт. на рік. Крім того, вказана кількість приблизна й може відрізнятись, як у бік зменшення, так і у бік значного зросту, як мінімум втричі. То ж це значення, з цього погляду, вже не виглядає таким й безпечним. Наприклад, 04.08.2020 р. у Бейруті (Ліван) відбувся вибух 2400 т нітрата амонія. Цей вибух зайняв 6-те місце в світі за потужністю неядерних вибухів й в тротиловому еквіваленті склав приблизно до 1500 т і мав приблизно до 10 % інтенсивності бомби «Малюк», яку було скинуто на Хіросіму [12]. Знаючи, що порох складає 0,55-0,60 тротилового еквіваленту [13], тільки за два роки повномасштабної війни, використовуючи відомі значення, отримуємо, що на території України за скромними підрахунками, відбувся вибух рівня вибуху в Бейруті тільки лише від використання набоїв 7,62×39 мм й 5,45×39 мм.

Наразі до інструментарію з визначення шкоди, нанесеної довкіллю, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану слід віднести відповідні методики розрахунку: неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря; розміру шкоди завданої землі, ґрунтам; збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами; збитків, заподіяних навколишньому природному середовищу в межах територіального моря, виключної морської (економічної) зони та внутрішніх морських вод України в Азовському та Чорному морях; розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами; шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду; шкоди та збитків, завданих територіям та об'єктам природно-заповідного фонду [14]. Але наразі методичний алгоритм не охоплює питання впливів параметричного забруднення, що умовно можна порівняти до впливу вибухів у відкритих кар'єрах на навколишнє середовище, наприклад: шум від працюючої техніки, бурових та вибухових робіт як шумове навантаження від ведення бойових дій; утворення великої кількості пилу, джерелами якого є буріння свердловин, вибухові роботи, виробництво розкривних і видобувних робіт, а також викиди газів від ДВЗ та вибухових робіт; зміна ландшафту зі збільшенням різноманіття форм рельєфу; збільшення розчленованості поверхні, знищується рослинний покрив; зменшення вологості порід, посилюється водна та вітрова ерозія порушених земель; забруднення прилеглих територій зі зниженням продуктивності земель; відслонення гірських порід через видалення ґрунтового шару; перемішування порід різного складу, зокрема з потенційно родючими, а також й із потенційно забрудненими породами, в т.ч. продуктами горіння; вилучення ґрунтів; оголення гірських порід через видалення ґрунтового шару; переуцільнення поверхневого шару; зміна й нестабільність рівня ґрунтових вод; зміна модуля стоку та інших гідрологічних чинників тощо. Крім того, під час буропідричних робіт чиниться сейсмічний вплив на навколишнє середовище, виникають ударні хвилі, що схоже на вплив наведеної сейсмічної активності в зоні розмежування. Комплексний вплив вищезазначених факторів в подальшому може обумовити зміну несучої здатності порід тощо. Все це призводить до погіршення санітарно-гігієнічних та естетичних умов життя людей у місцях перетворення природних і культурних ландшафтів на техногенні, що потребують обов'язкової рекультивациі задля введення в господарській обіг.

Воєнні дії можуть спричинити безповоротні зміни існування сучасного людства. Тому набуває подальшої доцільності дослідження впливу воєнних конфліктів та терористичних дій на навколишнє середовище, наприкладі 1708, 1812, 1939-1945 рр., котрі проходили безпосередньо на території України, або за даними інших воєнних конфліктів різного масштабу впливу й пошук шляхів виконання повоєнного відновлення довкілля. Вищезазначене свідчить про доречність розширення методичного інструментарію щодо аналізу та оцінки впливу воєнних дій на навколишнє середовище, а з урахуванням об'єктивних причин обмеженого доступу до зон розмежування для подальшого напрацювання розрахункового алгоритму доцільно спиратись на деякий досвід розробки родовищ корисних копалин відкритим способом.

### Перелік використаних джерел

1. Екосистема. *Платформа LIGA360*. URL: ВР України, Закон "Про затвердження Загальнодержавної програми охорони та відтворення довкілля Азовського і Чорного морів" від 22.03.2001 N 2333-III (дата звернення: 30.10.2024).
2. Закон збереження енергії. *Вікіпедія*. URL: Закон збереження енергії – Вікіпедія (wikipedia.org) (дата звернення: 30.10.2024).
3. Devaney, Robert L. *An Introduction To Chaotic Dynamical Systems*. Westview Press, 2003. 351 p. URL: Introduction to Chaotic Dynamical Systems (date of access: 30.10.2024).
4. Горішній Є., Міняйло А., Дмитренко Л. Екологічні ризики та збитки довкіллу України внаслідок війни. *Науковий вісник Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ*. 2023. № 4. С. 76-83. DOI: <https://doi.org/10.31733/2078-3566-2023-4-76-83>.
5. Вплив російської війни в Україні на клімат: Проміжна оцінка викидів парникових газів / Л. де Клерк, О. Гасан-Заде, М. Шлапак, К. Томляк, А. Кортуїс. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/02/vplyv-ros-viyny-na-klimat-promizh-otsinka-par-naziv.pdf> (дата звернення: 30.10.2024).
6. Підрив Каховської ГЕС: попередні висновки і можливі наслідки. *Екодія*. URL: <https://ecoaction.org.ua/pidryv-kakhovskoi-hes-poperedni-vysnovky.html> (дата звернення: 30.10.2024).
7. Детально порахували: скільки коштувала Україні вчинена росіянами катастрофа на Каховській ГЕС. *Економічна правда*. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/06/30/701747/> (дата звернення: 30.10.2024).

8. Природі завдано збитків на 240 млн грн: як обстріл зруйнували парк "Клебан-Бик" на Донеччині. *Костянтинівка Мій Дім*. URL: <https://konstantinovka.dn.ua/uk/news/prirode-nanesen-uscherb-na-240-mln-grn-kak-obstrely-razrushili-park-kleban-byk-na-donetchine.html> (дата звернення: 30.10.2024).

9. Наслідки російської військової агресії для довкілля України. *Всеукраїнська екологічна ліга*. URL: <https://www.ecoleague.net/provel/tematychni-napriamy-diialnosti/vplyv-voiennykh-dii-na-dovkillia> (дата звернення: 30.10.2024).

10. 5,45×39 мм. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/5,45%C3%9739\\_%D0%BC%D0%BC](https://uk.wikipedia.org/wiki/5,45%C3%9739_%D0%BC%D0%BC) (дата звернення: 30.10.2024).

11. 7,62 × 39 мм. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/7,62%C3%9739\\_%D0%BC%D0%BC](https://uk.wikipedia.org/wiki/7,62%C3%9739_%D0%BC%D0%BC) (дата звернення: 30.10.2024).

12. Вибух у Бейруті за потужністю – як 10% ядерної бомби, скинутої на Хіросіму – вчені. *Гордон*. URL: <https://gordonua.com/news/worldnews/vzryv-v-beyrute-po-moshchnosti-kak-10-yadernoy-bomby-sbroshennoy-na-hirosimu-uchenye-1512525.html> (дата звернення: 31.10.2024).

13. Тритиловий еквівалент. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B5%D0%BA%D0%B2%D1%96%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%82](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BA%D0%B2%D1%96%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%82) (дата звернення: 31.10.2024).

14. Методики розрахунку розмірів шкоди, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану. *Державна екологічна інспекція*. URL: <https://www.dei.gov.ua/post/2309> (дата звернення: 30.10.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-186>

## IMPACT OF MINING OPERATIONS ON THE DEVELOPMENT OF MAN-MADE FRACTURES IN CRYSTALLINE ROCKS

### ВПЛИВ ГІРНИЧИХ РОБІТ НА РОЗВИТОК ТЕХНОГЕННОЇ ТРІЩИНУВАТОСТІ У КРИСТАЛІЧНИХ ПОРОДАХ

**Pikarenia D.S.,**

*DSc (Geology), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Пікареня Д.С.,**

*д.з.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Orlinska O.V.,**

*DSc (Geology), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Орлінська О.В.,**

*д.з.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Масив гірських порід характеризується наявністю макро- і мікротріщин, які в значній мірі визначають властивості геологічного середовища та мають практичне значення при розробці родовищ буровибуховим способом. Під час вибухових навантажень гірські породи здатні не тільки руйнуватись в ближніх від заряду зонах, але й змінювати характеристики міцності порід в дальніх зонах впливу за рахунок появи нових мікротріщин. Процес подрібнення гірських порід вибухом супроводжується збільшенням числа мікротріщин, а міцність самих порід визначається їх кількістю і параметрами. При цьому, текстурно-структурна будова порід при проведенні вибухових робіт враховується недостатньо із-за нестачі інформації про стан масиву.

Дослідженнями авторів встановлено, що мікротріщини в гірських породах незалежно від літологічного складу і геологічного віку групуються в певні системи із переважаючим північно-західним і північно-східним орієнтуванням. Використовуючи петрографічний метод і завдяки розподілу тріщин в гірських породах по системах, можна визначити такі параметри, як щільність, об'ємну щільність і розкритість (ширину) тріщини, які в свою чергу допомагають встановити ступінь тріщинуватості гірського масиву.

Покажемо вплив гірничих робіт на розвиток тріщинуватості на прикладі родовища гранітів та мігматитів що розробляється відкритим способом із застосуванням вибухових робіт. Родовище розташоване в районі м. Кременчук, у тектонічному відношенні приурочене до зони субмеридіонального Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому, на північ від родовища проходять два розривні порушення північно-західного простягання, що оперяють основний глибинний розлом.

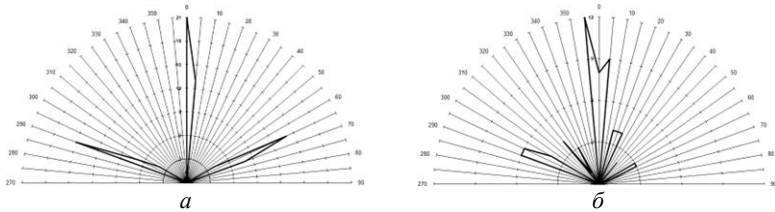
У геологічній будові району родовищ беруть участь граніти і мігматити докембрію, їхня кора вивітрювання, а також осадові породи кайнозойського віку. Потужність кори вивітрювання незначна, подекуди відсутня і тільки в пониженнях стародавнього рельєфу може досягати 5-7 м. На різній поверхні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання залягають обводнені палеогенові та четвертинні відкладення – червонобурі суглинки, глини, лесоподібні суглинки, супіски та дрібнозерністі піски загальною потужністю від 7 до 15 м. У межах родовища найбільш розвинені тріщини західно-північно-західного і східно-північно-східного простягання, менш поширені субмеридіональні системи тріщин. Відстань між тріщинами в уступах кар'єра становить від 0,2 до 2,0 метрів.

На тектонічній схемі, складеній авторами за результатами геофізичних досліджень, виділяють п'ять систем тріщин: субмеридіональна з азимутом простягання  $355^{\circ}\text{ПнЗ} - 5^{\circ}\text{ПнС}$ ; дві північно-західного орієнтування з азимутами простягання:  $290 - 300^{\circ}\text{ПнЗ}$ ,  $320 - 330^{\circ}\text{ПнЗ}$ ; дві північно-східні, спрямовані за азимутами  $15 - 25^{\circ}\text{ПнС}$ ,  $60 - 70^{\circ}\text{ПнС}$ .

Перша система північно-східного орієнтування широко представлена в межах усього родовища, а в південно-східній частині утворює зони тріщинуватості потужністю до 15 м. Друга з азимутом простягання  $60-70^{\circ}\text{ПнС}$  виражена слабкіше, хоча й простежується з інтервалом 60-800 м на площі робіт. Досить упевнено виділяється перша північно-західна система тріщин, що утворює протяжні зони завширшки до 8 – 10 м. Максимальну густоту має субмеридіональна система з азимутом простягання  $350^{\circ}\text{ПнС} - 5^{\circ}\text{ПнЗ}$ , яка з інтервалом 30 – 40 м виділяється в межах усього району.

У розпорядженні авторів є польові матеріали структурно-тектонічних досліджень, виконаних на родовищі в 1987-1995 роках кар'єрними геологами. За результатами замірів елементів залягання тріщин складено троянду-діаграму (рис. 1-а). Для виявлення нових техногенних систем тріщин нами проведено повторне вивчення тріщинуватості в межах кар'єра.

Усього виконано 75 замірів елементів залягання, за якими побудовано троянду-діаграму тріщинуватості (рис. 1-б).



**Рис. 1. Троянда-діаграма азимутів простягання тріщин у кристалічних породах граніт-мігматитового родовища: *a* – на початкових етапах розроблення родовища; *б* – сучасні дані**

Порівняння діаграм дає змогу зробити такі висновки. На ранніх стадіях розробки на родовищі виділялися три системи тріщин, орієнтовані за азимутами 290°ПнЗ, 0°Пн, 65°ПнС (рис. 1-а). У період експлуатації розвинулися ще дві системи тріщин субмеридіонального орієнтування (рис. 1-б), що виділяються і за даними геофізичних досліджень.

Розглянемо можливі причини утворення нових систем тріщин. Азимут простягання найбільш яскраво представлених систем тріщин збігаються з орієнтуванням розломних структур району досліджень. Так, два розломи, що проходять північніше родовища, мають азимут простягання 285-295°ПнС, перша ПнЗ система тріщин орієнтована за напрямком 285-300°ПнЗ. Субмеридіональна система з максимальною густиною тріщин збігається за простяганням із двома розломами, розташованими на південний схід від родовища. Зміна орієнтування розломів після перетину їх розривом ПнЗ простягання відбивається в розвитку систем тріщин ПнС простягання. Система тріщин з аз.простягання 60-70°ПнС закладалася відповідно до розлому, що проходить через північну частину родовища.

Порівняння даних показує, що після розробки родовища вибуховим способом відбулося закладення нових систем тріщин з азимутами простягання 320-330°ПнЗ і 15-20°ПнС, які близькі за простяганням до розломних структур, виявлених на північ та південь від родовища. Збільшення густоти тріщин субмеридіонального простягання (рис. 1-б) можна розглядати як наслідок вибухового впливу на породний масив.

Завдяки розвитку техногенної тріщинуватості в кар'єр посилюється водопритлив, причому в ньому беруть участь не тільки підземні води

безпосередньо з порід осадового чохла, а й вода, що потрапила в розкриті тріщини (рис. 2). Сумарний водопріплив у кар'єр із тріщинуватих порід фундаменту, осадового чохла становить 1200-1500 м<sup>3</sup>/добу.



**Рис. 2. Обводнена зона тріщинуватості (темне)  
в скельних породах гранітного кар'єру**

Таким чином, підтверджується тісний зв'язок між збільшенням водопріпливу в кар'єр і проведенням буровибухових робіт. Для зменшення цього явища необхідно проводити осушення порід осадового чохла в межах гірничого відводу. Це дасть змогу не тільки зменшити надходження води в кар'єр, а й сприятиме поліпшенню екологічної обстановки в районі родовища, оскільки знизиться навантаження на поверхневі водойми через зменшення кількості кар'єрних вод і зберігатимуться продуктивні горизонти підземних вод питної якості.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-187>

**ECOLOGICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY STUDY  
OF THE IMPLEMENTATION OF THE ACS IN TRANSPORT  
FOR REDUCTION OF EMISSIONS INTO THE ATMOSPHERE**

**ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ  
ВПРОВАДЖЕННЯ АСУ ТРАНСПОРТОМ ДЛЯ СКОРОЧЕННЯ  
ВИКИДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ**

**Pinchuk O.M.,**

*Student (group 183-23-1m),  
LLC «Technical university  
polytechnic»,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Пінчук О.М.,**

*студент гр. 183-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Maksymova N.M.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor,  
LLC «Technical university  
polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine*

**Максимова Н.М.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році [1], яку готує Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України: забруднення атмосферного повітря залишається однією з найгостріших проблем світу, і не є винятком для України.

За даними Державної служби статистики України станом на 2021 рік обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферу від пересувних джерел забруднення складала 1546,8 тис. т., в т.ч.: діоксид сірки – 19,6 тис. т, оксид вуглецю – 1164,9 тис. т, діоксид азоту – 174,4 тис. т, оксид азоту – 0,9 тис. т, неметанові леткі органічні сполуки – 155,1 тис. т, аміак – 0,008 тис. т, метан – 5,2 тис. т, сажа – 26,6 тис. т. Показник викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення у розрахунку на одну особу по Україні становив 37,4 кг [1].

Нове законодавство встановлює шлях до нульових викидів CO<sub>2</sub> для нових легкових і легких комерційних автомобілів у 2035 році (мета для всього автопарку ЄС – скоротити викиди CO<sub>2</sub> від нових автомобілів і мікроавтобусів на 100% порівняно з 2021 роком). Проміжні цілі скорочення викидів до 2030 року встановлені на рівні 55% для легкових

автомобілів і 50% для фургонів. До грудня 2026 року Комісія проведе моніторинг розриву між граничними значеннями викидів і реальними даними про споживання палива та енергії, підготує звіт про методологію коригування питомих викидів CO<sub>2</sub> для виробників і запропонує відповідні подальші заходи [2].

Дещо схожі рішення, але меншого масштабу, були заплановані в Україні, що знайшло відображення Законом України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [3]. Передбачено серед іншого досягнення наступних цільових показників:

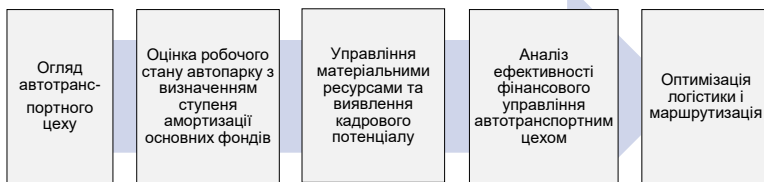
1) міста України, де середньодобові концентрації основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі перевищують середньодобові гранично допустимі концентрації: 15 станом на 2030 рік;

2) електротранспорт: 10 % від загальної кількості нових придбаних автотранспортних засобів станом на 2030 рік.

Тому у сучасних умовах еколого-економічне обґрунтування впровадження автоматизованих систем управління транспортом на ПРАТ «ІНГЗК» стає важливим завданням, яке потребує комплексного підходу та системної оцінки.

На підставі аналізу та оцінки важливих аспектів управління автотранспортним цехом можна визначити ключові напрями для підвищення ефективності управління автотранспортом, що, як очікується в подальшому призведе до мінімізації викидів відпрацьованих газів у атмосферне повітря, зокрема за рахунок зменшення кількості одночасно працюючих транспортних засобів.

Логічна послідовність виконання аналітичних досліджень стану автотранспортного цеху та виявлення кадрового резерву задля оптимізації роботи транспортно-логістичної діяльності підприємства була розглянута в попередніх дослідженнях та представлена на рис. 1 [4].



**Рис. 1. Послідовність виконання аналітичних досліджень стану автотранспортного цеху та виявлення кадрового резерву задля оптимізації роботи транспортно-логістичної діяльності підприємства**

Аналіз системи управління автотранспортним цехом допоможе виявити ключові аспекти та можливі напрями підвищення ефективності управління автотранспортом, зокрема автоматизує збір даних щодо викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря та їх обробку і аналіз.

### Перелік використаних джерел

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 514 с. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/naryamky/ekologichnyj-monitoring/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovushha-v-ukrayini/> (дата звернення: 30.10.2024).

2. Європарламент схвалив заборону авто з двигунами внутрішнього згоряння з 2035 року. Економічна правда. Стаття від 14.02.2023. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/02/14/697054/> (дата звернення: 30.10.2024).

3. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 30.10.2024).

4. Мінц О. Ю., Пінчук О. М. Оцінка поточного стану системи управління автотранспортним цехом. *MININGMETALTECH 2023 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти* : Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції, Рига, Латвійська Республіка, 29–30 листопада 2023 р. Рига, 2023. Т. 2. С. 196-197. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-62>.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-188>

**NORMATIVE AND METHODOLOGICAL ASPECTS  
OF METROLOGICAL SUPPORT FOR ENVIRONMENTAL  
MONITORING OF INDUSTRIAL EMISSIONS**

**НОРМАТИВНО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ  
МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО  
МОНІТОРИНГУ ПРОМИСЛОВИХ ВИКИДІВ**

**Podobnyi A.D.,**

*Student (group 183-22-1),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnics",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Подобний А.Д.,**

*студент групи 183-22-1,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Cheberiachko Yu.I.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnics",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чеберячко Ю.І.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Maksymova N.M.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnics",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Максимова Н.М.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У сучасному контексті природоохоронної діяльності та метрологічного забезпечення екологічного моніторингу особливої актуальності набуває питання належного контролю та верифікації засобів виміральної техніки. Варто зазначити, що інструменти, які застосовуються для обліку матеріальних цінностей, екологічного контролю та охорони праці, підлягають обов'язковій державній метрологічній атестації відповідно до чинного законодавства [1].

Примітно, що попри втрату чинності у 2017 році Національного стандарту ДСТУ 2708:2006 «Метрологія. Повірка засобів виміральної техніки. Організація та порядок проведення» [2], наразі функціонує розгалужена система галузевих стандартів та нормативних документів. Особливої уваги заслуговує КНД 211.2.3.063-98, який є

фундаментальним регуляторним документом у сфері екологічного моніторингу та раціонального природокористування.

У методологічному аспекті даний керівний документ встановлює комплекс вимог щодо процедури відбору проб поліютантів в організованих викидах стаціонарних джерел, а також регламентує специфіку розташування та технічного оснащення пунктів пробовідбору [3]. Варто підкреслити, що вимоги КНД 211.2.3.063-98 мають рекомендаційний характер та поширюються на всі суб'єкти господарювання незалежно від форми власності, які здійснюють організовані викиди або проводять квантифікацію концентрацій забруднюючих речовин.

Важливо зазначити, що при здійсненні процедури відбору проб повинні використовуватися засоби вимірювальної техніки, які, відповідно до вимог ДСТУ 2708, пройшли своєчасну метрологічну перевірку [3]. Це забезпечує достовірність та точність отриманих результатів вимірювань.

З методичної точки зору, документ встановлює, що відбір проб поліютантів на газоходах та димових трубах повинен здійснюватися синхронно з вимірюванням кінетичних параметрів газопилового потоку або на дистанції, що не перевищує один еквівалентний діаметр газоходу [3]. При цьому рекомендується обирати прямолінійну ділянку газоходу протяжністю не менше 4-5 еквівалентних діаметрів, переважно вертикальної орієнтації, з дотриманням належної віддаленості від зон турбулентності та варіацій поперечного перерізу.

Особливої уваги заслуговує специфікація щодо вертикальних труб висотою понад 10 метрів, для яких допускається облаштування пунктів пробовідбору на висоті, еквівалентній 4-5 діаметрам труби [3]. Імплементация даних рекомендацій має принципове значення для суб'єктів господарювання, оскільки є передумовою отримання дозвільної документації на викиди в атмосферу від стаціонарних джерел.

Варто також відзначити, що сучасні тенденції розвитку екологічного моніторингу вимагають постійного оновлення та вдосконалення нормативно-правової бази, включаючи методики відбору проб та аналізу забруднюючих речовин. Це зумовлено як технологічним прогресом у сфері вимірювальної техніки, так і зростаючими вимогами до якості екологічного контролю та охорони навколишнього середовища.

### **Перелік використаних джерел**

1. Нестерчук Д. М. Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології: конспект лекцій. Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 256 с.
2. ДСТУ 2708:2006 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=26290](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=26290) (дата звернення: 07.11.2024).
3. КНД 211.2.3.063-98 Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання природних ресурсів. Метрологічне забезпечення. Відбір проб промислових викидів. Інструкція. Зі зміною № 1. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=51576](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=51576) (дата звернення: 07.11.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-189>

## **ON THE IMPORTANCE OF CULTIVATING ENVIRONMENTAL AWARENESS AMONG VOCATIONAL EDUCATION STUDENTS**

### **ЩОДО ВАЖЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СЕРЕД ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ У ЗАКЛАДАХ ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ**

**Romashyna V.V.,**

*Lecturer, Higher Vocational School  
№ 7 Kremenchuk Poltava Region,  
Kremenchuk, Ukraine*

**Ромашина В.В.,**

*викладач, Вище професійне училище  
№ 7 м. Кременчук Полтавської обл.,  
м. Кременчук, Україна*

**Davydov S.M.,**

*Student (group ME-24-FMB), Higher  
Vocational School № 7 of Kremenchuk,  
Poltava Region, Kremenchuk, Ukraine*

**Давидов С.М.,**

*здобувач освіти гр. ME-24-ФМБ,  
Вище професійне училище № 7  
м. Кременчук Полтавської обл.,  
м. Кременчук, Україна*

Формування та розвиток екологічної свідомості серед здобувачів освіти у закладах професійно-технічної освіти є максимально актуальним, адже після офіційного представлення у Європарламенті в 2019 році Європейського зеленого курсу (European Green Deal)

розпочався процес перетворення Європейського союзу на ефективну, стійку та конкурентноспроможну економіку. Ключовими напрямками Європейського зеленого курсу (ЄЗК) є чиста енергія, кліматична дія, будівництво та реновація, стійка промисловість, стійка мобільність, зменшення забруднення довкілля, біорозмаїття, стійка аграрна політика (Стратегія «Від лану до столу»).

У нашому навчальному закладі кваліфіковані робітники для формування у них екологічної та енергоефективної компетентності вивчають предмет «Основи енергоефективності», що дає змогу їм сформувати знання про базові можливості ефективно використовувати енергію, познайомитися з нормативно-правовими актами у сфері енергозбереження, ознайомитися зі способи енергоефективного використання матеріалів, сформувати розуміння важливості переходу на енергозберігаюче обладнання як у професійній діяльності, так і у побуті. Кваліфіковані робітники з професії «Електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування», також для формування додаткових компетенцій вивчають систему енергоменеджменту на підприємстві та ознайомлюються з раціональним використанням електрообладнання на робочому місці під час вивчення предмету «Основи енергоменеджменту».

Провівши аналіз діючих стандартів професійної (професійно-технічної) освіти з професій: «Електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування» (2019 р.), «Столяр будівельний» (2020 р.), «Монтажник гіпсокартонних конструкцій» (2023 р.), «Лицювальник–плиточник» (2024 р.) та «Штукатур» (2024 р.), можна зробити висновок, що освітня політика держави, окрім професійних вимог особливу увагу починаючи з 2020 року приділяє формуванню екологічної та енергоефективної компетентності майбутніх робітників. Це свідчить про розуміння важливості підготовки фахівців, які не тільки володіють професійними навичками, але й здатні працювати з урахуванням екологічних вимог та принципів сталого розвитку. Для подальшого розвитку формування екологічної свідомості серед робітничих професій, можна також включити до навчальних програм основи циркулярної економіки, залучати підприємства, які працюють у сфері «зеленої» економіки, до співпраці з навчальними закладами для проведення стажувань та практик, потрібно забезпечити систематичне підвищення кваліфікації викладачів з питань екології та енергоефективності, а також розвивати доступні електронні ресурси та бібліотеки, які містять актуальну інформацію з питань екології та енергоефективності.

Після отримання диплому кваліфікованого робітника з професії «Електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування», здобувачі освіти можуть продовжити навчання за освітньо-професійним ступенем «фаховий молодший бакалавр», освітньо-професійна програма «Монтаж і обслуговування електричних машин і апаратів», професійна кваліфікація «Електромеханік». Для формування екологічної свідомості вони вивчають дисципліни «Енергоменеджмент та енергоаудит» і «Відновлювальна енергетика». Предметом вивчення навчальної дисципліни «Енергоменеджмент та енергоаудит» є сучасні основи та можливості застосування енергетичного менеджменту та енергоаудиту на підприємствах для забезпечення високопродуктивної діяльності підприємства з мінімальними витратами матеріалів, праці, фінансів та раціональним використанням енергетичних ресурсів. Предметом вивчення навчальної дисципліни «Відновлювальна енергетика» є основи теорії, принципи функціонування, побудова та використання відновлювальної енергетики: сонячної енергії, енергії вітру, енергії води, біоенергетики та геотермальної енергії. Враховуючи, що для успішної реалізації Європейського зеленого курсу в Україні необхідно: створити конкурентний ринок електроенергії, розвивати відновлювану енергетику, забезпечити справедливі тарифи, модернізувати вугільні регіони та зберегти безпечну роботу атомних електростанцій, необхідно підготувати нове покоління фахівців, готових до роботи в умовах переходу до сталого економіки. Для подальшого розвитку формування екологічної свідомості серед фахових молодших бакалаврів, потрібно включити до навчальних програм складові частини ЄЗК (чиста, безпечна і доступна енергія; перехід до циркулярної економіки; енергоефективне будівництво та реконструкція; сталий та “розумний” транспорт; збереження та відновлення біорізноманіття; «від ферми до виделки»: справедлива, здорова та екологічна система продовольства; нульове забруднення довкілля; посилення кліматичних амбіцій); використовуючи міждисциплінарне поєднання знань – сформувані комплексне бачення проблем сталого розвитку; розвивати здатності аналізувати екологічні проблеми та пропонувати інноваційні рішення; сприяти співпраці з екологічними організаціями для проведення спільних заходів, досліджень та розробки проєктів; забезпечити систематичне проведення наукових досліджень в рамках Зеленого курсу та сприяти широкому розповсюдженню їх результатів через публікації та участь у наукових конференціях, з метою прискорення впровадження інноваційних рішень; розвивати міжнародне співробітництво, а саме участь у міжнародних наукових проєктах, спрямованих на вирішення глобальних екологічних проблем.

Впровадження ЄЗК в Україні є важливим фактором екологічної безпеки у регіоні та створює нові можливості для впровадження спільних проєктів у ході повоєнної відбудови. Формування екологічної свідомості серед здобувачів освіти у закладах професійно-технічної освіти є надзвичайно важливим напрямком і має кілька визначальних аспектів:

- сучасний світ все більше потребує фахівців, які зможуть працювати в умовах переходу до сталої економіки;
- екологічно свідомі фахівці будуть приймати обґрунтовані рішення, які враховують екологічні наслідки їхньої діяльності;
- виховання екологічної свідомості сприяє формуванню почуття соціальної відповідальності у майбутніх фахівців;
- фахівці з екологічною освітою більш затребувані на сучасному ринку праці;
- залучення молоді до вирішення екологічних проблем стимулює розвиток інноваційних технологій та пошук нових рішень;
- формування екологічної свідомості є одним із важливих кроків для досягнення глобальних цілей сталого розвитку, визначених ООН.

Отже, формування екологічної свідомості серед здобувачів професійно-технічної освіти є не лише необхідністю, а й інвестицією в майбутнє нашої країни.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-190>

## WAYS TO REDUCE DUST EMISSIONS AT A CONCRETE PRODUCTION PLANT

### ШЛЯХИ СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ПИЛУ В АТМОСФЕРУ НА ПІДПРИЄМСТВІ З ВИРОБНИЦТВА БЕТОНУ

**Stepanenko O.M.,**  
*Student (group 183-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Степаненко О.М.,**  
*студент гр. 183-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Зростання обсягів будівництва призводить до збільшення об'ємів виробництва бетону, що в свою чергу веде до більш інтенсивнішого забруднення атмосферного повітря. Життєвий цикл бетону є дуже коротким та в середньому складає біля двох годин, внаслідок чого його

виробництво знаходиться безпосередньо в межах населених пунктів; відповідно викиди забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від виробничих процесів, чинять негативний вплив на здоров'я людей, якість їх життя та стан навколишнього природного середовища. Ділянки навколо промислових об'єктів, житлові райони, які знаходяться на зовнішній межі санітарно-захисної зони підприємств є найбільш уразливими щодо впливу на них забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря.

Дослідження стану забруднення атмосферного повітря у м. Києві і Київській області за даними спостережень Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського показують, що рівень забруднення є стабільно високим (7,0-14,0) по всім пунктам спостережень за забрудненням атмосферного повітря, тому питання скорочення обсягів викидів є дуже актуальним та свідчить про необхідність переходу до більш екологічних технологій, в тому числі і в будівельній галузі, яка дуже стрімко розвивається в регіоні.

Джерелами викидів забруднюючих речовин на заводах з виробництва бетону є технологічні процеси пов'язані з розвантаженням, складуванням, транспортуванням сировини та готової продукції – бетону. Установки очистки газу, що застосовуються на заводах виробництва бетону є застарілими з фактичною ефективністю очищення газу від пилу на рівні від 60 до 80%. Вплив викидів на довкілля та здоров'я людини пов'язаний з забрудненням атмосферного повітря пилом та ризиками для здоров'я людей, що проживають поблизу до меж санітарно-захисної зони підприємства, так як цементний пил та його складові сполуки (оксиди металів,  $SO_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ) викликає захворювання верхніх відділень легенів, а також негативно впливає на шкіру та очі. Поступово в організмі людини при тривалій взаємодії з пилом можуть виникати хронічні захворювання, наприклад, запалення дихальних шляхів, що призводить до таких хвороб як бронхіти та трахеїти, інколи цементний пил призводить до онкологічних захворювань.

Можливі шляхи зниження рівня техногенного навантаження, скорочення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря – це впровадження у виробничий процес нових технологічних рішень поведінки з сировиною:

- удосконалення систем пиловловлення та газоочищення;
- застосування закритих технологічних циклів;
- використання закритих складів;

– впровадження систем пиловловлення та пилопригнічення при транспортуванні сировини.

Зазвичай стаціонарні заводи з виробництва бетону обладнані доволі простою системою аспірації та пилоочищення. Вона складається з витяжного вентилятора та пилоочисного вузла, в якості якого можуть виступати циклон чи картриджний фільтр. Це доволі економічне рішення, але воно не забезпечує очищення повітря до необхідної якості. Мобільні ж установки з виробництва бетону, які користуються все більшою популярністю, майже не оснащуються пилоочисним обладнанням. Отже, проблема запиленості як робочої зони, так й атмосферного повітря та оточуючих територій пилом залишається хронічною не дивлячись на наявність та роботу начебто діючого обладнання, яке в більшості випадків застаріло морально, а подекуди досягло такого ступеню зносу, що не відповідає паспортним характеристикам уловлювання пилу. Аналіз ефективності пилогазоочистки на бетонних заводах показує, що одностадійна схема вловлювання неефективна та потребує вдосконалення.

З метою підвищення ефективності очистки газу від пилу на заводах з виробництва бетону ідеальним рішенням представляється двоступенева пиловловлююча система, яка передбачає застосування циклону на першому ступеню очистки та рукавного фільтру, оснащеного механізмом періодичного струшування, на другому. Двоступенева система очистки газу забезпечить значне підвищення ефективності очистки до 99,9% завдяки комплексному підходу та оптимальному поєднанню різних діючих сил на частки пилинок протягом процесу очищення. В якості фільтрувального матеріалу для рукавних фільтрів використовують різні тканини (бавовняні, шерстяні, нітроніві, лавсанові тощо) високої міцності та підвищеної теплової і хімічної стійкості.

Застосування двоступеневої очистки газу під час здійснення операцій з сировиною для виробництва бетону дозволяє значно зменшити рівень техногенного навантаження на навколишнє середовище, вплив на здоров'я працівників заводів та мешканців прилеглих до санітарно-захисної зони підприємств житлових масивів.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-191>

**REVIEW OF METHODS TO REDUCE DUST EMISSION  
FROM TAILING DAM SURFACES**

**ОГЛЯД МЕТОДІВ СКОРОЧЕННЯ ВИНЕСЕННЯ ПИЛУ  
З ПОВЕРХОНЬ ХВОСТОСХОВИЩ**

**Tishina V.M.,**

*Master's student (group 183-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Тішина В.М.,**

*студентка магістратури  
(група 183-23-1м),  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Інтенсивна розробка корисних копалин у промислових регіонах супроводжується накопиченням великих обсягів відходів у хвостосховищах. Ці об'єкти стають джерелом пилоутворення, що викликає значне забруднення атмосферного повітря та негативно впливає на екосистеми і здоров'я людей, особливо у промислових районах, як, наприклад, на Криворіжжі. Забруднення пилом спричиняє проблеми дихальної системи, алергічні реакції та інші захворювання, тому необхідно впроваджувати надійні методи стабілізації пилових поверхонь хвостосховищ.

Хвостосховища є техногенними об'єктами для зберігання відходів збагачення руд. У Кривому Розі хвостосховища займають значні території, зокрема, це хвостосховища великих комбінатів, таких як Інгулецький та Північний гірничо-збагачувальні комбінати (ГЗК). Дані техногенні об'єкти за недотримання умов їх експлуатації здатні призводити до забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, водних ресурсів, тобто становлять потенційну небезпеку для довкілля.

Основними факторами, що визначають пилоутворення, є:

– вітровий режим: напрямок та швидкість вітру впливають на інтенсивність пилоутворення. Частинки розміром 0,05–0,25 мм стають джерелом пилу при швидкості вітру понад 3 м/с [1];

– вологість матеріалу і повітря: низька вологість сприяє підйому частинок пилу, тому зволоженість поверхонь необхідна для стабілізації хвостосховищ [5].

Методи закріплення пилових поверхонь розподіляються на кілька основних груп:

– хімічні методи: використовують водорозчинні полімери або бітумні емульсії для створення захисного шару на поверхні [3]. Бітумні емульсії ефективні, але потребують повторного нанесення;

– біологічні методи: засадження хвостосховищ рослинами (наприклад, озимим житом або тритикале), що стабілізує поверхню, зменшує ерозію і покращує екологічний стан. Рослинність сприяє підтримці ґрунтової вологи і захищає від вітрової ерозії [2, 4];

– фізико-механічні методи: застосування геотекстилю, який запобігає вітрової ерозії, сприяє збереженню вологи і стабілізації ґрунту.

Порівняння методів закріплення пилових поверхонь. Хімічні методи є ефективними, але можуть потребувати повторного застосування через вплив погодних умов. Біологічні методи мають довготривалий вплив, але потребують тривалого часу на розвиток рослинного покриву. Фізико-механічні методи, такі як геотекстиль, є надійним бар'єром, який мінімізує ризик ерозії та пиловиділення в різних кліматичних умовах.

Проблема пилоутворення на хвостосховищах є серйозною екологічною загрозою у гірничо-видобувних регіонах. Впровадження комплексного підходу з використанням хімічних, біологічних та фізико-механічних методів може ефективно знизити забруднення повітря пилом і сприяти екологічному оздоровленню територій. Подальші дослідження необхідні для розробки більш економічних та екологічно безпечних рішень у цій сфері.

### Перелік використаних джерел

1. Домнічев М. В., Маленко Я. В., Негрій Т. О., Шепеленко Р. М. Скорочення виносу пилу з поверхонь хвостосховищ як елемент підготовки до рекультивації. *Вісті Донецького гірничого інституту*. 2021, Вип. № 1. С. 91-101.

2. Домнічев М. В., Нестеренко О. В., Близнюкова О. Ю. Елементи біологічної рекультивації узбіч, як спосіб зменшення пилового навантаження на працівників. *Гірничий вісник*. 2020. Вип. 108. С. 50-56. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi\\_2020\\_108\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2020_108_11) (дата звернення: 29.10.2024).

3. Спосіб закріплення сухих поверхонь діючих хвостосховищ: пат. 116406 Україна: С09К3/22. № u201609411; заявл. 12.09.2016; опубл. 25.05.2017, бюл. № 10/2017

4. Закріплення поверхонь хвостосховищ для пилопригнічення техноземів, забруднених промисловими відходами, способом вирощування сільськогосподарських культур, стійких до повітряної та ґрунтової посухи в умовах гострого дефіциту рухомих форм поживних

речовин: Науково-практичний посібник / С. М. Крамарьов, Л. П. Бандура, В. В. Гулін, В. М. Гулін. Дніпро: ТОВ підприємство «Дріант», 2020. 57 с. Режим доступу: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/3407> (дата звернення: 29.10.2024).

5. Собко Б. Ю., Ложніков О. В. Дослідження впливу параметрів хвостосховища у внутрішньому відвалі кар'єра на показники площі відновлення порушених земель. *Збірник наукових праць НГУ*. № 59, 2019. С. 8-20.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-192>

## DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY IN JAPAN

### РОЗВИТОК ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ЯПОНІЇ

**Fomin A.V.,**

*PhD (History),*

*Associate Professor,*

*LLC "Technical university "Metinvest  
polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine*

**Фомін А.В.,**

*к.і.н., доцент,*

*ТОВ «Технічний університет*

*«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У зв'язку з глобальним потеплінням світ постав перед викликами, які загрожують існуванню людства. У цих умовах провідні країни світу також взяли на себе ініціативу з розробки та впровадження технологій, які здатні якщо не відвернути, то значно призупинити насування планетарної антропогенної екологічної катастрофи. Самій Японії збереження існуючих темпів накопичення вуглецю в атмосфері загрожує затопленням значних територій, посиленню впливу екстремальних природних явищ, втратою традиційного способу життя. У той же час, ця країна входить до п'ятірки найбільших виробників CO<sub>2</sub> у світі. Досвід Японії у технологічних новаціях надзвичайно цінний для подальшого розвитку України, особливо в умовах післявоєнної відбудови, адже наша мета – вуглецева нейтральність до 2060 року [1].

Водень як паливо має свої переваги та недоліки. Застосування водню, як правило, призводить до відтворення води і запобігає зміні клімату. По-друге, його універсальність. Водень генерується для виготовлення аміачних добрив та у нафтопереробці, може замінити вугілля чи газ, слугувати енергоносієм для таких енергоємних галузей як

металургія. По-третє, він дає вищий коефіцієнт корисної дії. ККД двигуна внутрішнього згоряння – 35%, а водневого – 45%. Авто на водні проїде у 2.5 рази більшу дистанцію, ніж автівка на бензині. Водень дозволить Японії диверсифікувати постачання енергетичних ресурсів. Сучасна залежність країни від імпорту вуглеводнів із Близького Сходу є небажаною. Виробництво власного водню вирішуватиме цю проблему, але все ж Японія буде вимушена імпортувати частину H<sub>2</sub> через специфічний гористий рельєф, що не дозволяє створювати поля з сонячними панелями, а будувати вітряки заважають тайфуни і глибоке дно біля узбережжя [2].

Втім, є суттєві недоліки, котрі блокують використання водню. Основний – це сучасний спосіб виготовлення H<sub>2</sub>. Наразі 70% усього виробленого водню у світі є «сірим» – генерованим із газу чи нафти способом метанової реформації, при якому виділяється CO<sub>2</sub>. Інші 27% є «коричневим» воднем – отриманим із вугілля. Рішенням проблеми виготовлення має стати «блакитний» та «зелений» водень. Перший також добувається із корисних копалин, але при цьому діоксид вуглецю вловлюється спеціальною технологією, а потім утилізується. Другий отримується з електролізу (розщепленням води на водень та кисень) за допомогою електричного струму, одержаному із відновлюваних джерел енергії – сонячної чи вітрової.

Значний вплив на розвиток енергетики Японії зчинила аварія на АЕС у Фукусімі у 2011 р. Вона змінила пріоритети розвитку енергетики та значно зменшила долю атомної енергії у загальному балансі через зупинення атомних енергоблоків. Найбільший науково-дослідний водневий центр було відкрито саме неподалік Фукусіми.

Поточна енергетична політика країни закріплюється у регулярно публікованих «Стратегічних енергетичних планах» (англ. Strategic Energy Plan, скор. SEP) – програмних документах, які є орієнтиром для формування енергетичної політики на певний період часу. При цьому SEP не можна назвати нормативним актом, хоча він складається на урядовому рівні та затверджується кабінетом міністрів згідно з регламента. У свою чергу SEP розробляються на основі прийнятого в 2002 р. Базового закону про енергетичну політику (англ. Basic Act on Energy Policy). В даний час діє шостий SEP – 2021, прийнятий у жовтні 2021 р. Попередні SEP приймалися у 2018, 2014, 2010, 2007 та 2003 рр. відповідно. Відповіддю на Фукусімську катастрофу 2011 р. став ухвалений у квітні 2014 р. четвертий SEP, в якому була сформульована політика скорочення залежності від ядерної енергетики та викопних ресурсів та розширення використання відновлюваних джерел енергії

(BIE), адже використання атомних блоків у країні припинялося. План закріпив принцип технологічної надійності як додатковий принцип до затверджених раніше – енергетичної безпеки, економічної ефективності та екологічної прийнятності. На той момент принцип технологічної надійності припускав зниження залежності від ядерної енергетики до мінімально можливого рівня. При цьому було наголошено на підвищенні енергоефективності (особливо на технічне переозброєння теплових електростанцій) та на розвиток відновлюваної енергетики. У цьому ж документі були вперше представлені плани Японії щодо створення так званого «водневого суспільства». П'ятий SEP закріплював заходи, необхідні для формування до 2030 р. нової структури національного енергобалансу, а також для досягнення амбітної мети знизити викид парникових газів на 80% відповідно до зобов'язань Японії в рамках Паризької угоди щодо клімату 2015 р. Ініціатива «зеленої» трансформації (GX) націлена на перетворення промислової структури та соціальної системи на основі екологічно чистої енергії. У жовтні 2020 р. Міністерство економіки, торгівлі та промисловості Японії (METI) виступило за вуглецеву нейтральність, метою якої є скорочення викидів парникових газів до нуля до 2050 року. У грудні того ж року було випущено «Стратегію «зеленого» зростання до 2050 р.» для забезпечення вуглецевої нейтральності. Особлива увага у шостому SEP приділяється розширенню використання біопалива (біодизелю та біоетанолу) у транспортному секторі. Планується заборонити до 2035 р. продаж транспортних засобів, не оснащених гібридними двигунами [8]. Нарешті, шостий SEP передбачає подальше зниження залежності від нафти та природного газу та офіційне включення до енергетичного балансу водню та аміаку як енергоносіїв нового покоління. Урядом країни планується до 2030 р. створити міжнародну систему виробництва та постачання водню за участю японських компаній. При цьому автопарк Японії має налічувати 800 тис. працюючих на водневому паливі автомобілів, а водень як енергоносіє використовуватиметься у 5 млн домогосподарств. «Шостий базовий план з науки та технологій» (2021–2026 рр.) містить ключові контури науково-технічної та інноваційної політики Японії, що реалізується на даному етапі. У ньому йдеться про прагнення Японії стати найсприятливішою для розвитку інновацій країною у світі, а також міститься опис національної концепції «Суспільство 5.0». Наразі Японія, яка першою в світі опублікувала свою Базову водневу стратегію в 2017 р., у червні 2023 р. оголосила про переглянуту мету збільшити постачання водню до 12 млн. тонн на рік до 2040 року, за даними Reuters [3]. Початковий план передбачав, що до

2030 р. постачання водню в Японії досягне 3 млн. тонн на рік з 2 млн. тонн зараз. До 2050 року Японія прагне досягти близько 20 млн. тонн, коли очікується, що світовий ринок водню буде генерувати 2,5 трлн доларів річного доходу. Планується інвестувати 15 трлн єн (107,5 млрд дол) протягом наступних 15 років для забезпечення країни воднем. З плану у 15 трлн єн уряд планує виділити 6-8 трлн, а решта коштів надійде від приватного сектору, повідомили в Міністерстві промисловості [3].

Відповідно до цієї стратегії у 2030 році очікується 800 тис. автомобілів, які працюють на водневих паливних комірках, 1200 автобусів, близько 5,3 млн паливних комірок та 1000 водневих заправок. На сьогодні в Японії налічується близько 7500 автомобілів, які працюють на водневих паливних комірках, 120 автобусів, близько 440 тис паливних комірок та близько 160 водневих заправок. Наразі цього недостатньо, але країна продовжує розбудовувати водневу інфраструктуру. Вартість водневого палива для автомобілів в Японії встановлена на однаковому рівні з нафтовим паливом. Зважаючи на вищу собівартість виробництва водню у порівнянні з нафтовим паливом, в країні існує система державної підтримки [5]. Міністерство економіки, торгівлі та промисловості Японії виділить 5000 млрд. ієн (31,6 мільярда євро) на розвиток водневої авіації протягом наступних десяти років [4]. У місті Кобе водень опалює та виробляє електроенергію для лікарень, спортивних клубів та поїздів. Ланцюг постачання водневої енергії в Кобе використовує водень, вироблений в Австралії, а потім доставлений до Японії. Промисловий концерн Kawasaki Heavy Industries першим організував морські перевезення водню. Він охолоджується до температури  $-253^{\circ}\text{C}$  і перевозиться до споживача у зрідженому вигляді. Танкер Suiso Frontier довозитиме вантаж з Австралії до Японії за 16 днів [6]. Будівництво Woven City у місті Суsono, префектура Сідзуока, біля підніжжя гори Фудзі почалося в лютому 2024 р. Через місяць дочірня компанія Toyota запустила Woven Capital, новий венчурний фонд, який буде інвестувати у технології безпечної мобільності. Перша інвестиція Woven Capital – в автономну компанію з доставки Nuro [7].

Отже, країна сонця, що сходить, має інноваційний неоціненний досвід розробки та впровадження водневих технологій в енергетиці, що стануть у потребі нашої країні по завершенню війни. Законодавство Японії у сфері водневої енергетики наразі немає світових аналогів.

### Перелік використаних джерел

1. Євстігнеєва Ольга. Як українському бізнесу позбутися викидів та врятувати планету? Global Compact Network Ukraine. URL:

<https://globalcompact.org.ua/news/%D1%8F%D0%BA-%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%83-%D0%B1%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D1%81%D1%83-%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F-%D0%B2%D0%B8/> (дата звернення: 01.11.2024)

2. Шевченко Петро. Воднева стратегія Північно-Східної Азії: про що слід подумати Україні. URL: [https://lb.ua/world/2021/09/07/493325\\_vodneva\\_strategiya\\_pivnichnoshidnoi.html](https://lb.ua/world/2021/09/07/493325_vodneva_strategiya_pivnichnoshidnoi.html) (дата звернення: 01.11.2024)

3. Katya Golubkova, Yuka Obayashi. Japan to invest \$107 billion in hydrogen supply over 15 years. Reuters. URL: <https://www.reuters.com/business/energy/japan-invest-107-bln-hydrogen-supply-over-15-years-2023-06-06/> (дата звернення: 01.11.2024)

4. Японія злітає на зустріч водневим літакам. Інститут відновлюваної енергетики НАН України URL: <https://www.ive.org.ua/?p=5029&lang=uk> (дата звернення: 01.11.2024)

5. Держенергоєфективності вивчає досвід Японії у розвитку водневої енергетики. URL: <https://ecolog-ua.com/news/derzhenergoefektyvnosti-vyvchaye-dosvid-yaponiyi-u-rozvytku-vodnevoyi-energetyky> (дата звернення: 01.11.2024)

6. Japan's hydrogen power play. Euronews 2024. URL: <https://www.euronews.com/2021/10/25/japan-s-hydrogen-power-play> (дата звернення: 01.11.2024)

7. Anton Stolyarov. Toyota хоче побудувати місто, яке буде живитися від водневих паливних елементів. Рубрика. URL: <https://rubryka.com/2021/05/16/misto-majbutnogo-toyota/> (дата звернення: 01.11.2024)

8. Шрайбер О.А., Дубровський В.В., Тесленко О.І. Сучасний стан і перспективи розвитку водневої енергетики у світі. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 32 (71). № 5. 2021. С. 199 – 209.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-193>

**ECO-INNOVATIONS AND COMPLIANCE OF METALLURGICAL  
PRODUCTION – MODERN PARADIGMS OF INNOVATIVE  
ACTIVITY MANAGEMENT**

**ЕКО-ІННОВАЦІЇ, КОМПЛІАНС ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ  
МЕНЕДЖМЕНТ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА –  
СУЧАСНІ ПАРАДИГМИ УПРАВЛІННЯ  
ІННОВАЦІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ**

**Fonarova T.A.,**

*PhD (Economics),*

*Associate Professor, Ukrainian State  
University of Science and Technology,  
Dnipro, Ukraine*

**Фонарьова Т.А.,**

*к.е.н., доцент,*

*Український державний  
університет науки і технологій,  
м. Дніпро, Україна*

**Bushuiev M.B.,**

*PhD student,*

*Ukrainian State University of Science  
and Technology,  
Dnipro, Ukraine*

**Бушуєв М.Б.,**

*аспірант,*

*Український державний  
університет науки і технологій,  
м. Дніпро, Україна*

**Petrenko V.O.,**

*DSc (Engineering), Professor,*

*Honored Worker of Science and  
Technology of Ukraine, Ukrainian State  
University of Science and Technology,  
Dnipro, Ukraine*

**Петренко В.О.,**

*д.т.н., професор,*

*Заслужений діяч науки і техніки  
України, Український державний  
університет науки і технологій,  
м. Дніпро, Україна*

Металургійне виробництво – складна відкрита система яка складається з таких елементів, як ресурси (матеріальні, інформаційні, управлінські), виробництво, продукція. Відкритість системи забезпечує суттєвий вплив зовнішнього середовища на діяльність металургійного підприємства. Навколишнє середовище несе як загрози, так й можливості, на які менеджмент підприємства повинен адекватно, ефективно реагувати.

Сьогодення характеризується спрямованістю України у ЄС, тому, формується дві основні парадигми управління інноваційною діяльністю, перша – впровадження еко-інновацій, як головний тренд розвитку металургії, а друга – відповідність вимогам ринку, державним та

міжнародним стандартам й внутрішнім стандартам виробництва, як запорука ефективності роботи металургійного підприємства та його конкурентоспроможності.

Програма Горизонт Європи один із складників довгострокової багаторічної фінансової програми ЄС – є рамковою програмою ЄС з досліджень та інновацій. Програма складається з трьох напрямів, кожен з яких розбивається на певні кластери. Так, напрям II – Глобальні виклики та європейська промислова конкурентоспроможність має шість кластерів, саме 4 кластер присвячений цифровізації та промисловості. Візією кластеру є розвиток конкурентоспроможних та безпечних технологій для Європейської промисловості з метою глобального лідерства у ключових секторах, сприяння відповідальному виробництву і споживанню для збереження планети та максимізації переваг для всіх верств суспільства в соціальному, економічному та територіальному розмаїтті Європи [1].

Таким чином, вітчизняні металургійні підприємства мають шанс отримати фінансування здійснюючи еко-інновації та створюючи програми комплаєнсу, які забезпечують відповідність всім європейським та внутрішнім стандартам екологічної безпеки. Це можливо здійснити шляхом: збільшення інвестицій у розвиток людського капіталу та в передові дослідження, що зумовлює поєднання виробництва та науки; підтримки інноваційних проєктів; вироблення стратегій екологічної комплаєнс-безпеки.

Вплив антропогенних факторів на зміну клімату нажаль має глобальний характер та вимагає скоординованих дій міжнародної спільноти задля пом'якшення впливу діяльності людства на навколишнє природне середовище.

Ефективне запобігання зміни клімату потребує інтегрованого підходу на всіх рівнях людської діяльності. Воно має включати ефективне управління, розвиток екологічних інновацій, залучення інвестицій, модернізацію інфраструктури, зміну стилю життя та поведінки людей. Дуже важливим є політичний фактор, що має реалізовуватися на міжнародному, національному та регіональному рівнях, забезпечуючи підтримку технологічного розвитку. В металургії створення еко-інновацій відбувається за декількома концепціями. Так в минулому застосовувалась концепція розсіювання викидів у атмосфері, спрямоване на зменшення концентрації шкідливих речовин. Суттєвим недоліком такої концепції є те, що вона стосується кінцевого етапу виробництва, та не тягне суттєвих змін існуючих виробничих технологій, бо вилучаються вже сформовані забруднення в процесі виробництва [2].

Отже, інноваційним проривом безумовно є створення еко-інновацій, які запобігають утворенню шкідливих викидів замість боротьби із викидами, що вже утворилися. Це потребує й нових концепцій з управління металургійним виробництвом, такими як Система Екологічного менеджменту (Environmental Management System – EMS). На рис. 1 схематично показано напрями удосконалення інноваційної діяльності металургійного підприємства враховуючи еко-інновації, покращення інформаційних ресурсів завдяки цифровізації, комплаєнсу та екологічного менеджменту.

Новий підхід, зображений на рис. 1, може бути використано при розробці стратегії управління підприємством щодо підвищення рівня його промислової безпеки, охорони праці та навколишнього середовища. Досягнення екологічної ефективності є одним з головних результатів удосконалення інноваційної діяльності металургійного підприємства. Цей результат повинен оцінюватися на основі проведення аудитів вимірювання, та аналізу. Переваги нового підходу: корпоративний захист навколишнього середовища, мінімізація ризиків потенційних небезпек, прозорість управління, покращення процедур та процесів, мотивація співробітників, довіра серед клієнтів та партнерів, покращення іміджу у суспільстві, унікальна перевага перед конкурентами.



**Рис. 1. Напрями удосконалення інноваційної діяльності металургійного підприємства на основі еко-інновацій, цифровізації, комплаєнсу та екологічного менеджменту (розробка авторів)**

**Перелік використаних джерел**

1 Офіс Горизонт Європа в Україні. Матеріали офіційного сайту:  
<https://horizon-europe.org.ua/uk/structure/pillars/p-2/c-5/>

2 Шатоха В.І. Сталій розвиток чорної металургії: Монографія.  
Дніпропетровськ: «Дріант», 2015. 184 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-194>

**FORMATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF LAND USE  
IN AGRICULTURAL ENTERPRISES AS A CONDITION FOR THE  
REVITALIZATION OF THE DNIPRO BASIN AND RESERVOIRS**

**ФОРМУВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ  
В АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВА  
ЯК УМОВА РЕВІТАЛІЗАЦІЇ БАСЕЙНУ І ВОДОСХОВИЩ ДНІПРА**

**Shara S.Yu.,**

*PhD student, Assistant,  
National University "Yuri Kondratyuk  
Poltava Polytechnic",  
Poltava, Ukraine*

**Шара С.Ю.,**

*аспірантка, асистентка,  
Національний університет  
«Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка»,  
м. Полтава, Україна*

В умовах приватизації земель сільськогосподарського призначення шляхом пайової соціалізації на безоплатній основі, відношення господаря і сталого землекористування у землевласників не відродилося.

У діях і орендодавців і орендарів сільськогосподарських земель переважає економічний опортунізм, де економічні агенти земельних відносин ігнорують механізми збереження і охорони земель підкоряючи землевпорядкування цілям ефективного прибуткового господарювання, часто за рахунок споживання природної родючості та погіршення екологічного середовища не тільки ґрунтового, а і водного.

Так, на Полтавщині за останні десять років вміст нітратів у верхніх водних горизонтах (колодязях) виріс у 10 разів.

Орендодавці, не зважаючи на охорону земель, вимагають збільшення орендної плати, а орендарі інтенсифікації рослинництва за рахунок

хімізації та збільшення частки технічних культур, розораності природних кормових угідь.

Так, у Полтавській області за останні 10 років площі орних земель, за рахунок розорювання лук і пасовищ в долинах річок виросли з 1730 тис.га до 1820 тис.га або на 90 тис.га.

В області також, інтенсивність використання польових сівозмін перейшла допустимі межі. На 1 млн 300 тис.га товарних площ посіви соняшника склали 300 тис.га, кукурудзи та зерно біля 500 тис.га, сої і ріпаку сумарно до 150 тис. га.

В цей час площі багаторічних трав, злакових, зернобобових, сидератів та парів разом займають лише біля 300 тис.га.

Держава сьогодні мало приділяє уваги збереженню головного національного багатства – ґрунтів. А дозволені в Україні більше 200 хімічних речовин у сільському господарстві, порівняно з країнами ЄС гублять біоту та забруднюють водні ресурси поверхневих вод.

В Полтавській області, в селі Михайлики, Миргородського району сформовано унікальне землекористування на площі 7 тис.га в ПП «Агроєкологія», завдяки інноваціям Героя України Семена Антонця.

В господарстві починаючи з 1975 року не використовується будь-які токсичні хімічні речовини, а із 1985 року і мінеральні добрива та мінеральні сполуки.

В указаному господарстві освоєно передові технології органічного землеробства в рамках інноваційних агроєкологічних вимог.

Указане дозволило сформувати стале землеволідіння і землекористування, оздоровило локально не тільки ґрунти полів, а і річкову долину прилеглу до полів річки Псел, підґрунтові води, і водотоки, ставки і озера.

Якщо, керуючись вимогами ЄС фермери освоїли органічне землеробство в Європі на 8% площ, то в Україні органічним землеробством охоплено біля 400 тис. га земель, або менше 0,5%.

Тільки органічне землеробство в межах 20%, та повернення річкам заплави і лучно-болотних комплексів дозволить забезпечити сталий розвиток земель, стійкий екологічний каркас територій і здорове водне середовище поверхневих вод, включаючи одне з головних джерел питної води України – Кременчуцьке водосховище.

### **Перелік використаних джерел**

1. Антонєць С.С., Антонєць А.С. [та ін.]. – Органічне землеробство: з досвіду ПП «Агроєкологія» Шишацького району Полтавської області. Полтава: РВВ ПДА, 2010. 200 с.

2. Третьяк А.М., Москаленко А.М.. Світові та Українські тенденції нетрадиційного сільськогосподарського землевпорядкування // ПП «Агросвіт», № 3, 2022. стор. 19-30.

3. Organic farming – the key to river basic revitalization. *Automobile Roads and Road construction*. 2023. DOI: 10.33744/0365-8171-2023.114.2-197-207.

4. Шарий Г.І., Тимошевський Л.Л., Максименко О.А. Охорона ґрунтів: екологічна рента, як стимул органічного землеробства / *Економіка АПК*. 2019. №10. С. 26-33.

5. Шара С.Ю. «Органічне землеробство – запорука ревіталізації басейнів річок», Науковий журнал «АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ І ДОРОЖНЄ БУДІВНИЦТВО», 2023. Випуск 114. Частина 2. ISSN 0365-8171 (Print), ISSN 2707-4080 (Online), ISSN 2707-4099 (CD), <http://addb.ntu.edu.ua>.

## USING ICT IN ENGINEERING, BUSINESS AND EDUCATION

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-195>

### CREATION AND STUDY OF MODELS USING PYTHON

### СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ МООВОЮ PYTHON

**Velychko V.Ye.,**

*PhD in Physics and Mathematics,  
DSc (Pedagogy), Professor,  
Donbas State Pedagogical University,  
Sloviansk, Ukraine*

**Величко В.Є.,**

*к.ф-м.н., д.пед.н., професор,  
ДВНЗ «Донбаський державний  
педагогічний університет»,  
м. Слов'янськ, Україна*

**Fedorenko O.H.,**

*PhD (Pedagogy),  
Associate Professor, Donbas State  
Pedagogical University,  
Sloviansk, Ukraine*

**Федоренко О.Г.,**

*к.пед.н, доцент,  
ДВНЗ «Донбаський державний  
педагогічний університет»,  
м. Слов'янськ, Україна*

Моделювання використовується в будь-яких галузях знань особливо якщо неможливо досліджувати явище через брак часу, обмеженість у доступності або небезпечність у проведенні [1]. Моделювання є складним процесом, для успішної реалізації якого необхідна певна спеціалізована підготовка, що входить до переліку необхідних компетентностей сучасного фахівця з обробки та аналізу даних. Крім того, обов'язкова наявність навичок створення моделей різноманітних процесів та здатність аналізувати результати досліджень у короткі строки [2, 3].

Математичне моделювання – це процес створення абстрактних математичних структур, що допомагають розуміти, прогнозувати і аналізувати реальні явища, події та системи. Даний вид моделювання має важливість у багатьох галузях науки, інженерії та прикладних дисциплінах для:

- розуміння явищ (дозволяють виділити ключові фактори, що впливають на систему);
- прогнозування (прогнозування майбутніх подій на основі відомих даних та властивостей системи);

- оптимізації (знаходити оптимальні рішення у складних ситуаціях);
- віртуального тестування (випробовувати різні сценарії без необхідності фізичної реалізації);
- наукового дослідження (висувати гіпотези, експериментувати з різними параметрами та перевіряти їхню відповідність реаліям);
- проектування систем (визначати оптимальні параметри та властивості системи до її фактичного створення);
- вивчення складних систем (дозволяють зрозуміти їхню поведінку та властивості).

Для створення та аналізу математичних моделей існує достатня кількість систем комп'ютерної математики (спрямовані на широкий спектр обчислень у математиці, фізиці, інженерії та інших наукових галузях) та систем комп'ютерної алгебри (фокусуються головним чином на обробці числових даних, алгебраїчних операціях і чисельному аналізі). Кожна з цих систем є інструментом для аналізу побудованої математичної моделі та надає можливість пришвидшити процеси дослідження математичної моделі виконуючі обчислення, візуалізуючи дані, збираючи статистику тощо.

Інший підхід застосування обчислювальних систем полягає у використанні систем програмування. На сьогодні, популярним інструментом у математичному моделюванні є застосування мови програмування Python. Існує багато бібліотек Python, що призначені для математичного моделювання та чисельного аналізу. Серед таких бібліотек варто навести NumPy, SciPy, matplotlib, pandas, SymPy, scikit-learn, SimPy та інші. Кожна з них розширює можливості мови програмування Python не тільки у напрямку математичних обчислень, у тому числі й символічних, а й у виконанні візуалізації даних, структуруванні вхідних даних для подальшого аналізу, виконанні класифікацій, регресій та кластеризацій, виконанні імітаційного моделювання.

Ще один напрямок розширення мови програмування Python полягає у використанні бібліотек та модулів роботи з нейронними мережами. До таких бібліотек та модулів можна віднести наступні: TensorFlow, PyTorch, Keras, MXNet, Caffe, Theano та інші. Використовуючи ці бібліотеки ми можемо створити модель невідомої нам системи знаючи її реакцію на певні вхідні дані. А створену та навчену таким чином нейронну мережу використовувати для подальшого вивчення системи накопичуючи більше даних про її поведінку.

### **Перелік використаних джерел**

1. Величко В.Є., Федоренко О.Г. Підготовка майбутніх учителів інформатики до викладання змістової лінії «Моделювання» засобами Python, *Збірник наукових праць фізико-математичного факультету*

ДДПУ, Випуск 12, 2022, с.39-49, <https://doi.org/10.31865/2413-26672415-3079122022261508>

2. Кайдан Н., Кайдан Є. Застосування системи Maple при розв'язуванні задач балансового аналізу. *Технології електронного навчання*, 6, 2022, 23–30. <https://doi.org/10.31865/2709-840062022270261>

3. Кайдан Н.В. Використання систем комп'ютерної математики Maple при вивченні дисципліни «Моделювання і прогнозування в економіці і менеджменті». Scientific and pedagogical internship «The latest trends in physical and mathematical education in higher education institutions»: Internship proceedings, (April 3 – May 14, 2023, Riga, the Republic of Latvia) Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2023, p. 27-30.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-196>

## IMPLEMENTATION OF THE “FLIPPED CLASSROOM” TECHNOLOGY IN TEACHING MATHEMATICAL DISCIPLINES

### ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ «FLIPPED CLASSROOM» ПРИ ВИКЛАДАННІ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

**Hlazova V.V.,**

*PhD (Pedagogy),  
Associate Professor,  
Donbas State Pedagogical University,  
Dnipro, Ukraine*

**Глазова В.В.,**

*к.пед.н., доцент,  
ДВНЗ «Донбаський державний  
педагогічний університет»,  
м. Дніпро, Україна*

**Kaidan N.V.,**

*PhD (Physics and Mathematics),  
Associate Professor, “Technical  
University “Metinvest polytechnic”,  
Metinvest holding LLC,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Кайдан Н.В.,**

*к.ф.-м.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Krasnoshchokova N.M.,**

*Student, Donbas State Pedagogical  
University, Dnipro, Ukraine*

**Краснощокова Н.М.,**

*студентка,  
ДВНЗ «Донбаський державний  
педагогічний університет»,  
м. Дніпро, Україна*

Технологія «Flipped Classroom» або «Перевернутий клас» – це підхід, у якому традиційний формат навчання перевертається: учні вивчають новий матеріал самостійно, а на занятті залучаються до практичного

застосування отриманих знань. Це дає можливість викладачам і учням використовувати час на заняттях для активних форм навчання та глибшого розуміння матеріалу. «Flipped Classroom» добре підходить для викладання математичних дисциплін в університеті, оскільки надає студентам можливість самостійно вивчати складний матеріал у зручному для них темпі та приходити на заняття вже підготовленими, а вікові особливості самоорганізації у студентів краще розвинені в порівнянні з учнями школи.

Математичні дисципліни часто включають складні теми та абстрактні поняття, які потребують багато часу на засвоєння. Використовуючи відеолекції чи конспекти, студенти можуть переглядати пояснення кілька разів, зупинитися на складних моментах і самостійно готувати питання. Крім цього в університеті на лекціях зазвичай мало часу на практичне закріплення матеріалу. «Flipped Classroom» дозволяє переносити цей процес на аудиторну роботу, де викладач може допомагати студентам вирішувати складні завдання, моделювати практичні ситуації та розв'язувати реальні задачі, наприклад, у наукових або інженерних застосуваннях.

На заняттях студенти можуть обговорювати задачі, розбиратися з різними підходами, розв'язувати завдання в групах. Це сприяє більшій залученості в процес та покращує розуміння складних тем, а також дає змогу викладачу ефективніше керувати навчанням. Використання відеолекції та інтерактивні симуляції при навчанні, можуть допомогти візуалізувати складні математичні концепції. «Flipped Classroom» робить заняття динамічнішими та цікавішими, адже студенти активно беруть участь у процесі навчання та отримують зворотний зв'язок. Це особливо важливо для математичних дисциплін, де пасивне слухання лекцій може бути малоєфективним.

Приклад застосування «Flipped Classroom» для теми «Матриці» в курсах математичних дисциплін для студентів економічних та інженерних спеціальностей:

1. Домашнє вивчення теоретичного матеріалу

Запишіть або надайте посилання на відеолекцію, де пояснюються базові поняття матриць: види матриць, додавання і множення матриць, властивості матричних операцій, визначники, обернені матриці тощо. Відео має бути розбите на невеликі сегменти по 5–10 хвилин для легшого засвоєння.

Підготуйте конспект або презентацію з основними формулами та прикладами. Додайте графічні ілюстрації для кращого розуміння теми.

Використайте онлайн-платформи (наприклад, GeoGebra або Wolfram Alpha) для візуалізації матриць та операцій з ними. Це допоможе студентам візуально зрозуміти, як працює множення та обертання матриць.

## 2. Перевірка розуміння вдома

Після перегляду відео попросіть студентів пройти короткий тест або виконати декілька простих завдань (наприклад, на додавання і множення матриць) на платформі Moodle або Google Classroom. Це допоможе переконатися, що вони зрозуміли основні операції з матрицями.

## 3. Практична робота в класі

На занятті студенти працюють в групах над більш складними завданнями, наприклад, знаходження оберненої матриці, розв'язання систем лінійних рівнянь за допомогою матриць або застосування властивостей матриць для певних практичних задач. Викладач може дати кожній групі завдання різного рівня складності.

Розбирайте на дошці або в презентації приклади складних обчислень та застосування матриць у різних сферах (наприклад, в економіці або комп'ютерній графіці).

Студенти можуть використовувати математичне програмне забезпечення (Maple, MATLAB, Wolfram Alpha) для роботи з великими матрицями та візуалізації результатів.

$A := \text{matrix}([[1, 5, 5, 4, 3], [34, 5, 43, 2, 5], [1, 0, 8, 9, 3], [2, 3, 4, 1, 0], [-5, -7, 5, -1, 5]]);$

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 5 & 5 & 4 & 3 \\ 34 & 5 & 43 & 2 & 5 \\ 1 & 0 & 8 & 9 & 3 \\ 2 & 3 & 4 & 1 & 0 \\ -5 & -7 & 5 & -1 & 5 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Знайдено матрицю, транспоновану до матриці A:  
 $AT := \text{transpose}(A);$

$$AT := \begin{pmatrix} 1 & 34 & 1 & 2 & -5 \\ 5 & 5 & 0 & 3 & -7 \\ 5 & 43 & 8 & 4 & 5 \\ 4 & 2 & 9 & 1 & -1 \\ 3 & 5 & 3 & 0 & 5 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Знайдено визначник матриці A:  
 $\det(A);$

$$32543 \quad (3)$$

Знайдено матрицю, обернену до матриці A:  
 $AI := \text{inverse}(A);$

$$AI := \begin{pmatrix} \frac{2697}{32543} & \frac{1249}{32543} & \frac{352}{32543} & \frac{12774}{32543} & \frac{2656}{32543} \\ \frac{505}{4649} & \frac{54}{4649} & \frac{290}{4649} & \frac{623}{4649} & \frac{75}{4649} \\ \frac{3831}{32543} & \frac{290}{32543} & \frac{681}{32543} & \frac{11955}{32543} & \frac{2180}{32543} \\ \frac{675}{32543} & \frac{204}{32543} & \frac{4070}{32543} & \frac{2812}{32543} & \frac{1833}{32543} \\ \frac{11342}{32543} & \frac{969}{32543} & \frac{3061}{32543} & \frac{19186}{32543} & \frac{571}{32543} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Рис. 1. Приклад роботи з матрицями за допомогою СКМ Maple

#### 4. Закріплення матеріалу та зворотний зв'язок

Наприкінці заняття коротко повторіть ключові моменти теми, зокрема правила для обчислень з матрицями та приклади практичного застосування.

Дайте декілька завдань для самостійного розв'язання в якості домашнього завдання, які включають обчислення та теоретичні питання для перевірки глибини розуміння.

Така організація заняття дозволяє студентам не лише вивчити базові операції, а й глибше зрозуміти можливості застосування матриць на практиці.

#### **Перелік використаних джерел**

1. Vira Hlazova, Nataliia Kaidan, Vadym Kaidan. Practical use of remote training elements and methods of "flipped classroom " at professional training of future computer science teachers. Information and innovation technologies in education. Series of monographs Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts Katowice School of Technology Monograph 19. Katowice: Copyright by Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, 2018. P. 192-199. ISBN 978-83-952000-0-7

2. Кайдан Н.В., Глазова В.В., Пашенко З.Д. Методика навчання математичним дисциплінам з використанням технології Flipped Classroom. Гуманізація навчально-виховного процесу: збірник наукових праць. 2019. Вип. 6(98). С. 85–95.

3. What Is the Flipped Classroom and How Is It Being Applied to Hybrid Learning? URL: <https://edtechmagazine.com/higher/article/2023/04/what-flipped-classroom-and-how-it-being-applied-hybrid-learning-perfcon>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-197>

**ON THE ISSUE OF APPLIED ORIENTATION OF TEACHING  
DISCIPLINES WITH A MATHEMATICAL COMPONENT  
AT “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”**

**ДО ПИТАННЯ ПРИКЛАДНОЇ НАПРАВЛЕННОСТІ НАВЧАННЯ  
ДИСЦИПЛІНАМ З МАТЕМАТИЧНОЮ СКЛАДОВОЮ  
В ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХІНКА»**

**Hrudkina N.S.,**

*DSc (Engineering),  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Грудкіна Н.С.,**

*д.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Kaidan N.V.,**

*PhD, Associate Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Кайдан Н.В.,**

*к.ф.-м.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Starov D.S.,**

*Student (group 122-23-1),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Старов Д.С.,**

*студент гр. 122-23-1,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Chekhuta O.V.,**

*Student (group 136-23-1),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чехута О.В.,**

*студентка гр. 136-23-1,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Сучасні вимоги до формування компетентностей здобувачів під час навчання математичним дисциплінам перетворюють процес навчання у динамічну модель, яка повинна постійно оновлюватися та вдосконалюватися. В цьому контексті необхідним є оновлення змісту дисциплін за рахунок збільшення фокусу на формування кейсів прикладних задач у відповідності до певної спеціалізації та більш широкому впровадженню дослідницьких завдань, розв'язання яких вимагає також навичок використання сучасних програмних засобів.

В рамках викладання дисциплін першого року навчання «Математика для комп'ютерних наук та програмування», «Інженерна математика та статистика», «Вища та дискретна математика», «Теорія ймовірностей та математична статистика», а також другого року навчання «Моделювання систем» та «Дослідження операцій» в ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХІНКА» розроблено кейси прикладних задач, під час розв'язання яких бажаним є використання системи комп'ютерної математики (СКМ) Maple. Зазначимо, що під час розв'язання прикладних задач студенти вчать формалізувати задачу, обирати метод її розв'язання та проводити аналіз рішень, що дозволить їм надалі застосувати отримані навички і під час вирішення спеціальних професійно спрямованих завдань.

Наведемо зразок розв'язання задач прикладного спрямування.

**Приклад 1.** Гірничо-металургійний комплекс України стикається з викликами, пов'язаними зі змінами транспортних маршрутів через часткове пошкодження інфраструктури. Необхідно оптимізувати доставку металопрокату з виробничого підприємства (місто Кривий Ріг) до пункту кінцевого призначення (місто Харків).

**Зауваження.** Використовуючи можливості СКМ Maple, знайти найкоротший маршрут для мінімізації часу доставки та забезпечення безперервної поставки металопродукції.

**Розв'язання.**

Граф часових витрат на перевезення продукції в умовах обмеженого доступу до транспортних шляхів в автоматизованому модулі СКМ Maple наведений на рис. 1.

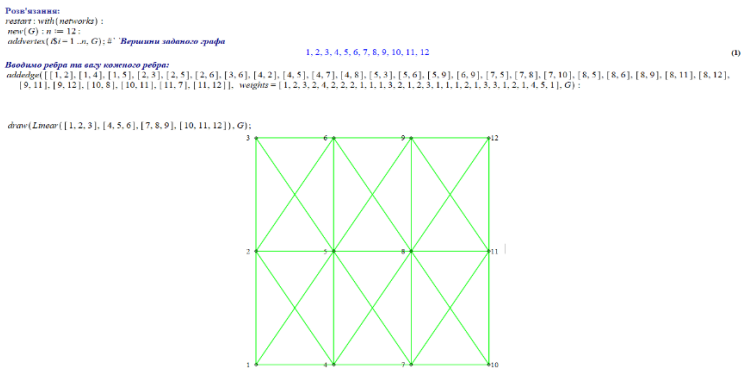
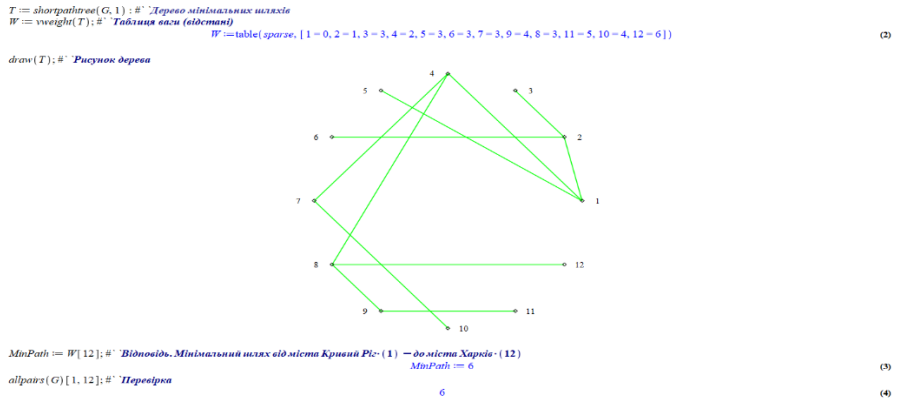


Рис. 1. Граф часових витрат

Зазначимо, що кожна лінія на графі відображає часові витрати на перевезення продукції в умовах обмеженого доступу до транспортних шляхів. Наступним кроком розв'язання даного завдання є визначення найкоротшого шляху за часом між містами Кривий Ріг та Харків за допомогою алгоритму Дейкстри. (рис. 2).



**Рис. 2. Дерево мінімальних шляхів для оптимізації доставки металопрокату**

У результаті проведеного дослідження було оптимізовано маршрут доставки металопродукції з Кривого Рогу до Харкова, враховуючи обмеження транспортної інфраструктури. Використання алгоритму Дейкстри дозволило визначити найкоротший шлях, що мінімізує часові витрати та забезпечує безперебійну поставку продукції.

Отримані навички розв'язання прикладних задач, в тому числі у вигляді розробки модулів автоматизованого розрахунку в СКМ Maple, сприятимуть успішному виконання курсових та кваліфікаційних робіт та вирішенню складних професійно орієнтованих завдань.

### Перелік використаних джерел

1. Engelbrecht J., Borba M. C. Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM Mathematics Education* 56, 281–292 (2024). doi:10.1007/s11858-023-01530-2.
2. Ічанська Н.В., Лозицький Д.Ю. «Використання математичного апарату та ІКТ для розв'язання прикладних задач». *Науковий вісник*

Ужгородського університету. Серія «Математика і інформатика». т. 43. вип. 2, Жовтень 2023. С. 119-129. doi:10.24144/2616-7700.2023.43(2).

3. Грудкіна Н. С., Кайдан Н. В., Колесников С. О., Дмитришин І. С. Використання СКМ Maple при розв'язанні задач з обчислення геометричної ймовірності. Педагогічна Академія: наукові записки, 2024, (9). doi:10.5281/zenodo.13326522.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-198>

## FORMATION OF RESEARCH COMPETENCE OF APPLICANTS IN THE PROCESS OF TEACHING PROBABILITY THEORY AND MATHEMATICAL STATISTICS

### ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ ТА МАТЕМАТИЧНІЙ СТАТИСТИКИ

**Hrudkina N.S.,**  
*DSc (Engineering),*  
*Associate Professor, LLC "Technical*  
*university "Metinvest polytechnic",*  
*Zaporizhzhia, Ukraine*

**Грудкіна Н.С.,**  
*д.т.н., доцент,*  
*ТОВ «Технічний університет*  
*«Метінвест політехніка»,*  
*м. Запоріжжя, Україна*

Удосконалення змісту та освітніх технологій в процесі навчання математичних дисциплін є актуальною навчально-методичною задачею [1]. А з огляду на потреби формування дослідницької компетентності та набуття здобувачами певного науково-дослідницького досвіду вже під час опанування освітніх компонент першого курсу необхідність удосконалення навчально-методичного забезпечення стає першочерговою задачею [2, 3]. Зазначимо, що методичні розробки кейсів прикладних задач диференціального та інтегрального числення, або звичайних диференціальних рівнянь, як засобу моделювання процесів та явищ навколишнього світу представлені досить широко. А ті з них, що використовують засоби інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) заслуговують особливої уваги до наслідування та більш широкого впровадження в навчальний процес [4-6].

Потужними інструментами із спрощення розрахунків, аналізу отриманого результату, в тому числі з можливістю автоматизувати розв'язання формалізованої задачі, є табличний процесор MS Excel та система комп'ютерної математики (СКМ) Maple. Окремо зазначимо, що розробка задач з дослідницькою складовою в процесі навчання теорії ймовірностей та математичній статистиці сприятиме набуттю здобувачами навичок проведення науково-дослідної роботи, в тому числі вмінь формалізації задачі, вибору методу розв'язання та аналізу отриманих рішень на сучасному науково-технічному і професійному рівні.

Під час навчання теорії ймовірностей та математичній статистиці в ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХІНКА» здобувачі вже мають навички роботи у MS Excel та СКМ Maple, що дозволяє поширити їх застосування фактично до завдань кожного змістовного модуля освітнього компоненту. Зазначимо, що здобувач самостійно обирає варіант розв'язання «вручну» або із застосуванням MS Excel та СКМ Maple, якщо обов'язковість застосування програмних засобів не зазначено окремо. Для опанування можливостями програмних інструментів також пропонуються вже придатні до використання розрахункові модулі. Наведемо приклади розроблених ймовірнісних задач із дослідницькою складовою із використанням MS Excel та СКМ Maple [7, 8].

**Приклад.** Розрахувати надійність системи, що містить  $i$  елементів, ймовірності безвідмовної роботи яких в межах певного часу дорівнюють  $p_i$ . З'ясувати, як зміниться надійність системи, удосконаленої за рахунок введення додаткового елементу з ймовірністю безвідмовної роботи в межах певного часу  $p_{i+1}$ . Використовуючи можливості MS Excel або СКМ Maple, розробити модулі автоматизованого розрахунку надійності основної та удосконаленої розрахункових систем.

Розв'язання.

Етапи розв'язання з розрахунку надійності основної системи у автоматизованому модулі СКМ Maple наведені на рис. 1.

Другим етапом розв'язання даного завдання є розрахунок надійності схеми, удосконаленої за рахунок введення додаткового елементу з ймовірністю безвідмовної роботи в межах певного часу  $p_5$ . (рис. 2).

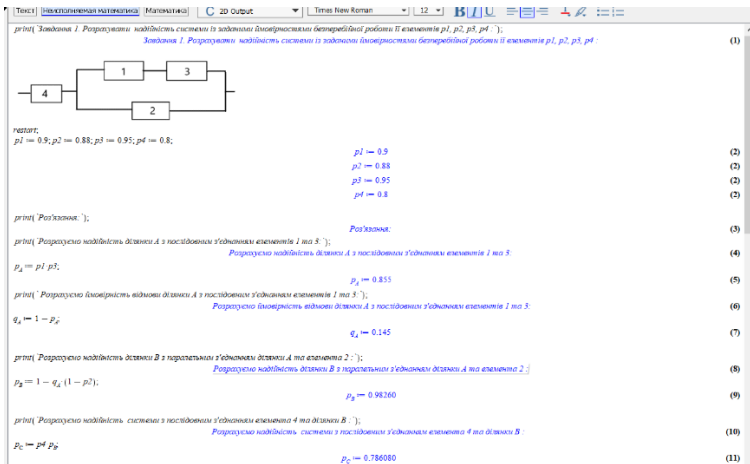


Рис. 1. Фрагмент розрахунку в СКМ Maple надійності основної системи

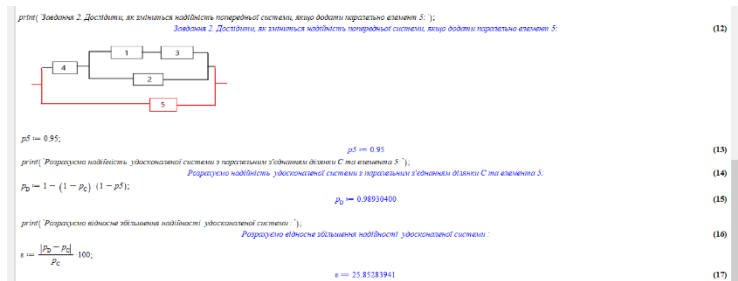


Рис. 2. Фрагмент розрахунку надійності удосконаленої системи

Значимо, що характеристикою такого удосконалення для подальшого аналізу є відносне збільшення надійності у порівнянні з основною системою. Саме цю величину пропонується проаналізувати в залежності від зміни значень надійності введеного в удосконалену систему елемента. Також може пропонуватися самостійно розширити умову завдання та розв'язати її додатково.

Розширення кейсу задач, які сприятимуть формуванню дослідницької компетентності у здобувачів в процесі навчання теорії ймовірностей та математичній статистиці, та вироблення навичок створення модулів автоматизованого розрахунку, сприятимуть в

подальшому успішному вирішенню вже складних професійно орієнтованих завдань.

### Перелік використаних джерел

7. Engelbrecht J., Borba M. C. Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM Mathematics Education* 56, 281–292 (2024). doi:10.1007/s11858-023-01530-2.

8. Організація дослідницької діяльності з математичного аналізу : монографія / О. Г. Ровенська – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 153 с.

9. Борозенець Н.С. Формування дослідницької компетентності бакалаврів з аграрних наук засобами професійно спрямованих завдань з вищої математики. Гуманізація навчально-виховного процесу. Харків: ТОВ «Видавництво НТМТ», 2018. №3 (89). С. 41–58.

10. Ічанська Н.В., Лозицький Д.Ю. «Використання математичного апарату та ІКТ для розв'язання прикладних задач». Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Математика і інформатика». т. 43. вип. 2, Жовтень 2023. С. 119–129. doi:10.24144/2616-7700.2023.43(2).

11. Михалевич В.М. Використання систем комп'ютерної математики у процесі навчання студентів ВНЗ : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2016. 279 с.

12. Крупський Я. Проблеми ефективної роботи студентів під час використання навчальних Maple тренажерів з покрокового розв'язання типових задач вищої математики. Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету. Частина 3. 2011. С. 130–135. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpudpu\\_2011\\_3\\_19](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpudpu_2011_3_19).

13. Грудкіна Н. С., Кайдан Н. В., Колесников С. О., Дмитришин І. С. Використання СКМ Maple при розв'язанні задач з обчислення геометричної ймовірності. Педагогічна Академія: наукові записки, 2024, (9). doi:10.5281/zenodo.13326522.

14. Грудкіна Н. С., Костіков О. А., & Ровенська О. Г. До питання формування дослідницької компетентності здобувачів вищої освіти в процесі розв'язання задач з теорії ймовірності. Педагогічна Академія: наукові записки, 2024, (10). doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13891974>.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-199>

**SUPPORTING THE RESEARCH ACTIVITIES  
OF EDUCATORS THROUGH VISUAL DISPLAY  
OF THE FEATURES OF THE VAN DER POEL EQUATION**

**ПІДТРИМКА ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ  
ОСВІТИ ШЛЯХОМ НАОЧНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ  
ОСОБЛИВОСТЕЙ РІВНЯННЯ ВАН ДЕР ПОЛЯ**

**Dmytryshyn I.S.,**

*Separate structural unit  
“Kramatorsk Vocational College  
of Industry, Information Technologies  
and Business of the Donbas State  
Machine Building Academy”,  
Kramatorsk, Ukraine*

**Дмитришин І.С.,**

*Відокремлений структурний  
підрозділ «Краматорський фаховий  
коледж промисловості,  
інформаційних технологій  
та бізнесу Донбаської державної  
машинобудівної академії»,  
м. Краматорськ, Україна*

Коливальні процеси є невід’ємною частиною навколишнього середовища, а тому їх вивчення представляє велику наукову значущість в різних областях науки, зокрема у фізиці (наприклад, в оптиці, надпровідниковій електроніці), в біології (опис відомої біологічної популяції світлячків, які здійснюють синхронні мерехтіння), в дослідженні систем життєдіяльності людини (серцева діяльність та нейронні сигнали головного мозку).

Під час роботи в компанії Phillips, вивчаючи ланцюг електронної трубки з постійною амплітудою, Ван дер Поль винайшов стійкі коливання, які отримали назву “релаксаційних”.

Найпростішою моделлю, що описує даний тип коливань є диференціальне рівняння Ван дер Поля:

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \alpha(x^2(t) - \mu) \frac{dx(t)}{dt} + \omega^2x(t) = 0 \quad (1)$$

В даному рівнянні  $x(t)$ – зміщення осцилятора від положення рівноваги,  $\mu$ – коефіцієнт, який впливає на амплітуду коливань, що пов’язана із знаком сили дисипації, коефіцієнт  $\alpha$  впливає на значення величини нелінійної частини рівняння,  $\omega$ – власна частота гармонійного осцилятора.

Під час навчання здобувачів освіти теми “Дослідження системи диференціальних рівнянь на стійкість” освітньої програми “Вища

математика” в розділі “Диференціальні рівняння”, їм пропонується виконання самостійної дослідницької роботи в застосунку Системи комп’ютерної математики (СКМ) Maple.

Розглянемо дві модифікації рівняння (1), які моделюють роботу кардіостимулятора людини [1]:

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \alpha(x^2(t) - \mu) \frac{dx(t)}{dt} + \frac{x(t)(x(t)+d)(x(t)+e)}{de} = 0 \quad (2)$$

Прийнемо в рівнянні (2), що константи  $d, e, \mu, \alpha$  є додатними, при чому  $\mu < d$ . Інша модифікація(1) має вигляд:

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \alpha(x - \beta_1)(x - \beta_2) \frac{dx(t)}{dt} + \frac{x(t)(x(t)+d)(x(t)+e)}{de} = 0 \quad (3)$$

В рівнянні (3) для збереження автоколивальності системи необхідною умовою є  $\beta_1\beta_2 < 0$ .

Перейдемо в кожному із рівнянь (2) і (3) до системи диференціальних рівнянь та отримаємо фазові портрети кожної із них за допомогою чисельного моделювання в СКМ Maple.

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = \alpha(\mu - x_1^2)x_2 - \frac{x_1(x_1+d)(x_1+e)}{de} \end{cases} \quad (4)$$

Також запишемо рівняння (3) в аналогічному вигляді:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = \alpha(x_1 - \beta_1)(x_1 - \beta_2)x_2 - \frac{x_1(x_1+d)(x_1+e)}{de} \end{cases} \quad (5)$$

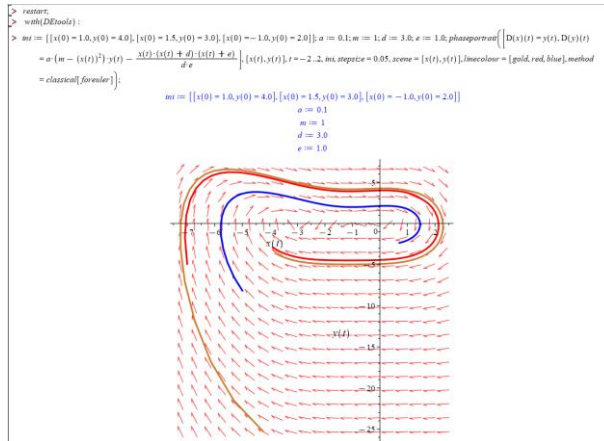
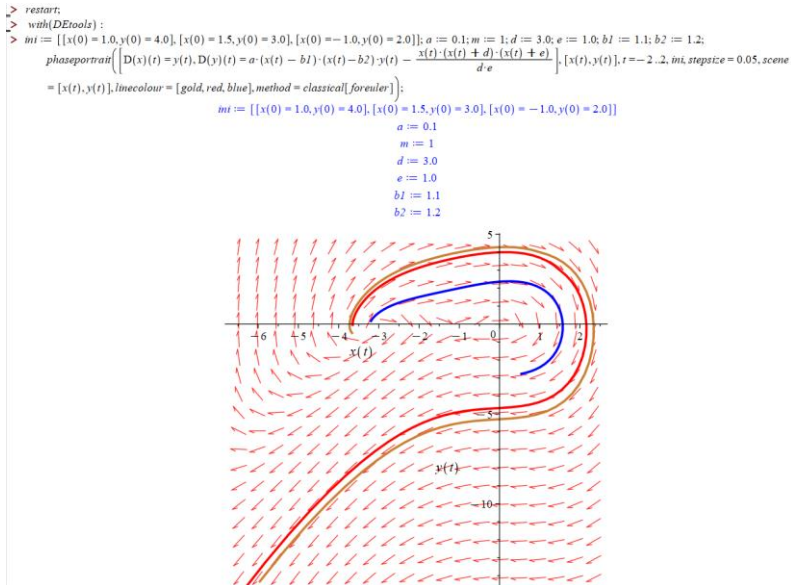


Рис. 1. Фрагмент розрахунку в СКМ Maple фазової траєкторії системи (4)

Результати моделювання системи (5) мають вигляд:



**Рис. 2. Фрагмент розрахунку в СКМ Maple фазової траєкторії системи (5)**

Виходячи із отриманих результатів, здобувачі освіти мають зробити відповідний висновок щодо стійкості системи, виходячи із типу отриманого фазового портрету. В даному випадку спостерігається очікуваний випадок стійкого граничного циклу.

### Перелік використаних джерел

1. Щербак В.Ф., Дмитришин І.С. Відстеження стану кардіостимуляторів, промодельованих рівнянням Ван дер Поля. Праці ІПММ НАН України, том 35, №2, 2021, с. 179-188. DOI:10.37069/1683-4720-2021-35-14
2. H.G.Enjieu.Kadji, R.Yamapi, Physica, A 370(2006), 316-328, DOI: 10.1016/j.physa.2006.03.013
3. Grudzinski K., Zebrowski J.J. (2004) Modeling cardiac pacemakers with relaxators. Physica A., 336, 153-162

4. Algaba A., Fernandez-Sanchez F., Freire E., GAmero E., Rodriguez-Luis A.J. Oscillation-sliding in a modified van der Pol-Duffing electronic oscillator. *Journal of Sound and Vibration*. – 2002. Vol 249(9). p. 899-907

5. Murray J.D. *Mathematical biology I. An Introduction* (3<sup>rd</sup> edn.). Springer. 2002

6. Kaplan V.Z., Gabay I., Saraan G., Biological application of the altered Van der Pol oscillator. *Journal of the Franklin Institute*. 2007, Vol 345(3). P.226-232.

7. Landau I.D., Bouziana F., Bitmead R., Voda A. Analysis of control relevant coupled nonlinear oscillatory systems. *European Journal of Control*. 2008. Vol 10. p. 263-282.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-200>

## APPLICATION OF MACHINE LEARNING FOR CLUSTERING OF COMPANY CLIENTS

## ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ КЛІЄНТІВ КОМПАНІЇ

**Ivanchenko N.O.,**

*PhD (Economics),  
Associate Professor, Taras Shevchenko  
National University of Kyiv,  
Kyiv, Ukraine*

**Іванченко Н.О.,**

*к.е.н., доцент,  
Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка,  
м. Київ, Україна*

**Podskrebko O.S.,**

*PhD (Economics),  
Associate Professor Taras Shevchenko  
National University of Kyiv, Kyiv,  
Ukraine; LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Подскребко О.С.,**

*к.е.н., доцент,  
Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка;  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Алгоритми машинного навчання за останні роки стали невід'ємною частиною і потужним інструментом прийняття управлінських рішень. Машинне навчання допомагає ефективно вирішувати широкий спектр бізнес-завдань, а саме:

- **прогнозування, дозволяє компаніям ефективно планувати свою роботу**, оцінювати попит, визначати обсяги продажів та ін;
- **аналіз тенденцій, виявлення прихованих зв'язків, аномалій і повторюваних елементів;**
- **сучасні технології дозволяють достатньо ефективно розпізнавати фото-, відео- та аудіоконтент**, а також виявляти спроби шахрайства, обману, внутрішніх та зовнішніх загроз безпеці.

Машинне навчання в бізнесі активно застосовується для оптимізації різних процесів, зокрема у класифікації та сегментації клієнтів. Кластеризація – метод, який змогу не лише краще розуміти аудиторію, але й ефективніше адаптувати стратегії маркетингу персоналізуючи пропозиції для кожного сегмента. Для проведення кластеризації клієнтів в роботі використано публічний набір даних з Kaggle, якій містить інформацію про клієнтів. Для більш ефективної роботи алгоритму по розподіленню клієнтів на кластери, деякі ознаки були перетворенні на більш релевантні поставленій задачі.

```
df['Age'] = df.Year_Birth.apply(lambda x: end_data.year - x)
```

```
df['Month_regist'] = df.Dt_Customer.apply(  
    lambda x: get_diff_date(end_data, x, type_date='month'))
```

### **Рис. 1. Додаткові ознаки, які будуть використанні для кластеризації (поділу на групи) клієнтів**

Після проведення всіх необхідних маніпуляцій з даним для проведення кластерного аналізу та побудови моделі було відібрані наступні фактори рис. 2.

Перед безпосередньо побудовою моделі, треба провести певну додаткову підготовку даних, а саме їх перетворення за допомоги інструменту `StandardScaler`, який дозволяє стандартизувати дані, середнім яке дорівнює нулю та одиничною дисперсією. Це один з ефективних інструментів, який застосовується для вирішення задач кластеризації.

```

num_cols = [
    'Age',
    'Income',
    'Month_regist',
    'Sum_Purchased',
    'Count_Campaigns',
    'Recency',
    'NumDealsPurchases',
    'NumCatalogPurchases',
    'NumStorePurchases',
    'NumWebVisitsMonth',
    'NumWebPurchases',
    'MntWines',
    'MntFruits',
    'MntMeatProducts',
    'MntFishProducts',
    'MntSweetProducts',
    'MntGoldProds'
]

```

Рис. 2. Відібрані ознаки для проведення кластерного аналізу

$$z = \frac{x - \mu}{s}$$

де,

$z$  – стандартизована ознака;

$x$  – значення ознаки певного об'єкту з набору даних;

$\mu$  – середнє значення ознаки для всіх об'єктів з набору даних;

$s$  – стандартне відхилення для ознаки  $x$ .

Як зазначалось раніше, перед побудовою моделі треба встановити кількість кластерів. Для цього скористаємось бібліотекою yellowbrick рис. 3.

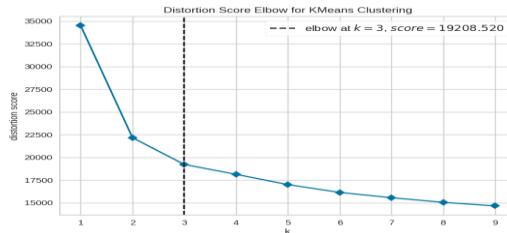


Рис. 3. Встановлення ефективної кількості кластерів за допомогою бібліотеки yellowbrick

Для встановлення ефективної кількості кластерів треба вказати модель, яка буде використовуватись, вказати діапазон кількості кластерів, в даному прикладі це від 1 до 10, а так передати безпосередньо дані. Таким чином, оптимальною кількістю кластерів є 3 зі score 19209.

Результатом побудованою моделі та код отримання номерів кластерів для кожного клієнта наведено на рис.4.

```
labels = model.predict(X_scaled) # df_new
labels[:20]

array([2, 2, 1, 0, 2, 2, 2, 0, 0, 0, 0, 2, 2, 0, 1, 2, 0, 1, 0, 0],
      dtype=int32)
```

**Рис. 4. Результат роботи моделі та код отримання номерів кластерів для кожного клієнта**

Таким чином, кластеризація допомагає ідентифікувати групи клієнтів із подібними інтересами або споживацькою поведінкою. Цю інформацію можна використовувати для точного налаштування рекламних кампаній відповідно до характеристик цільової аудиторії.

Використання моделей машинного навчання дає можливість компаніям прогнозувати витрати, автоматизувати обробку даних та ефективно розподіляти ресурси. Вибір алгоритмів визначається залежно від конкретних умов і сфер, які потребують покращення.

### **Перелік використаних джерел**

1. Відкритий набір даних з інформацією по клієнтах однієї з компаній: URL: <https://www.kaggle.com/datasets/imakash3011/customer-personality-analysis>
2. Мікросервісна архітектура як інструмент класифікації клієнтів / Н.О. Іванченко, О.С. Подскребко. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. №2 (108). Полтава: ПУЕТ, 2023. С. 53-59.
3. Machine Learning for Business Analytics: Concepts, Techniques and Applications in RapidMiner 1st Edition / Galit Shmueli, Peter C. Bruce, Amit V. Deokar, Nitin R. Patel. Wiley; 1st edition, 2023. 736 p.
4. Business Intelligence, Analytics, and Data Science: A Managerial Perspective / Ramesh Sharda, Dursun Delen, Efraim Turban. – Pearson; 4th edition, 2017. 512 p.
5. Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics: Algorithms, Worked Examples, and Case Studies / Kelleher John D., Macnamee Brian, D'Arcy Aoife. The MIT Press; 2nd edition, 2020. 856 p.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-201>

## VIRTUAL SIMULATORS AS AN ELEMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY APPLICATION IN TEACHING PHYSICS

### ВІРТУАЛЬНІ СИМУЛЯТОРИ ЯК ЕЛЕМЕНТ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИКЛАДАННІ ФІЗИКИ

**Kaidan V.P.,**

*Senior Lecturer,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine;  
Senior Lecturer, Khmelnytskyi  
Professional College of Economics  
and Technology of University  
of Economics and Entrepreneurship*

**Кайдан В.П.,**

*старший викладач,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна; старший  
викладач, Хмельницький фаховий  
економіко-технологічний коледж  
Університету економіки і  
підприємництва,  
м. Хмельницький, Україна*

**Pokhytun O.O.,**

*Student (group ІІІЗ-11),  
University of Economics and  
Entrepreneurship,  
Khmelnytskyi, Ukraine*

**Похитун О.О.,**

*студент гр. ІІІЗ-11,  
Університет економіки і  
підприємництва,  
м. Хмельницький, Україна*

Віртуальні симулятори – це програмні інструменти, які дозволяють користувачам відтворювати різні процеси, експерименти та ситуації в цифровому середовищі. Вони використовуються для моделювання реальних об'єктів або явищ, які важко або неможливо відтворити в реальному житті. Віртуальні симулятори для лабораторних робіт з фізики є потужним інструментом, який значно підвищує ефективність навчання, особливо коли немає доступу до реального обладнання або коли лабораторні роботи можуть бути небезпечними або складними для відтворення в класі. Основні переваги використання віртуальних симуляторів у навчанні фізики:

1. Безпечне середовище для експериментів: наприклад, вивчення електричних кіл високої напруги чи експерименти з радіоактивністю можуть бути відтворені без ризику для здоров'я та життя експериментатора.

2. Повторюваність і доступність: здобувачі освіти можуть виконувати експерименти необмежену кількість разів, що допомагає

краще засвоїти матеріал і уникнути впливу зовнішніх факторів на результати, що дуже зручно, особливо коли студентам потрібно детально проаналізувати хід експерименту, а не лише його кінцевий результат.

3. Економія ресурсів: віртуальні лабораторії зменшують потребу в дорогому обладнанні та матеріалах, а це особливо актуально для навчальних закладів, які мають обмежені фінансові можливості для придбання лабораторного обладнання.

4. Інтерактивність і наочність: віртуальні симулятори надають можливість візуалізувати процеси, які складно відтворити в реальному житті, або можливість спостерігати, наприклад, невидимі явища (на кшталт електромагнітних полів або процесів, що відбуваються в атомному ядрі), що значно покращує розуміння складних концепцій.

5. Можливість персоналізації навчання: віртуальні симулятори можуть налаштовуватися для різних рівнів підготовки студентів, оскільки педагог може адаптувати параметри симуляцій для учнів із різним рівнем знань, що робить навчання гнучкішим і ефективнішим.

6. Розвиток навичок самостійного навчання: використовуючи симулятори, студенти можуть самостійно виконувати експерименти, контролюючи кожен етап процесу, а це, в свою чергу, сприяє розвитку навичок дослідницької діяльності та самостійності, що важливо для майбутніх фізиків та інженерів.

7. Можливість експериментування з екстремальними умовами: у симуляторах можна задавати такі умови, які важко або неможливо створити в реальності, наприклад, абсолютний вакуум, екстремальні температури або відсутність гравітації, це дозволяє студентам досліджувати фізичні закони у незвичних для повсякденного життя умовах та ситуаціях.

Одним із найвідоміших прикладів віртуальних симуляцій є сайт <https://phet.colorado.edu/>, який пропонує англомовні симуляції з перекладом на безліч мов, включно з українською. Це безкоштовна платформа з великою кількістю інтерактивних симуляцій, що відзначаються якісною графікою. Симуляції зручні у використанні: їх можна відкрити на повний екран, легко змінювати параметри, а також вирішувати кількісні, якісні й експериментальні завдання. Цей сайт підходить для проведення лабораторних робіт у дистанційному форматі, доступний як на персональних комп'ютерах, так і на мобільних пристроях, з можливістю завантаження на власний пристрій.

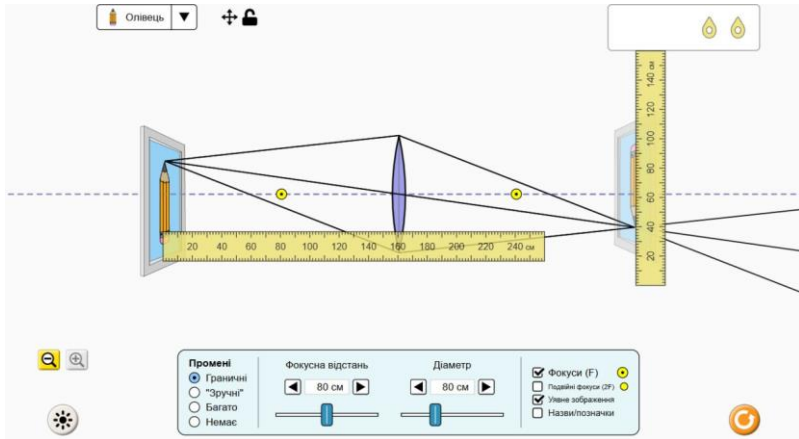


Рис. 1. Симуляція «Основи геометричної оптики»

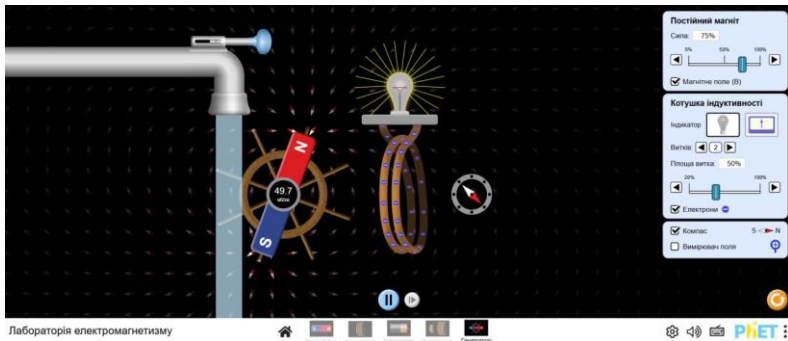


Рис. 2. Симуляція «Електромагнетизм»

Результати навчання та засвоєння інформації значною мірою залежать від того, як здобувач освіти інтегрує нові знання у власну систему знань. Це, у свою чергу, залежить від ефективності сприйняття нової інформації, що зумовлюється не лише особистим досвідом, а й здатністю взаємодіяти з оточуючим світом. На сприйняття впливають не тільки розумові здібності, але й виховання та рівень соціальної адаптації. Отже, симуляції як складова освітнього процесу мають бути спрямовані

на покращення сприйняття інформації з урахуванням індивідуальних особливостей здобувачів освіти.

Віртуальні симулятори стають незамінним інструментом у навчанні фізики, оскільки вони дозволяють отримати практичний досвід навіть за обмежених ресурсів чи доступу до обладнання. Вони роблять процес вивчення фізики більш гнучким і цікавим, дозволяючи студентам експериментувати, змінювати умови та наочно спостерігати результати в реальному часі. Крім того, симулятори дають змогу засвоювати складні теми без ризику та з мінімальними витратами, що особливо важливо в сучасних умовах дистанційного навчання. Загалом, віртуальні симулятори сприяють глибшому розумінню фізичних законів і розвитку критичного мислення, допомагаючи формувати в учнів навички самостійного дослідження та аналізу, які є важливими у науковій і практичній діяльності.

### **Перелік використаних джерел**

1. Velychko, V., Fedorenko, E., Kaidan, N. & Kaidan, V. The use of computer modeling in the educational process based on the example of studying Coulomb's law. *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 2871, XVI International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2024) 15/05/2024 – 17/05/2024 Kryvyi Rih, Ukraine, 2024. doi:10.1088/1742-6596/2871/1/012014
2. Phillips A M, Gouvea E J, Gravel B E, Beachemin P H and Atherton T J 2023 *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 19(1) 010121 URL: <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010121>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-202>

## DATA MODELING IN MATHEMATICAL DISCIPLINES USING MICROSOFT EXCEL

### МОДЕЛЮВАННЯ ДАНИХ В МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІНАХ ЗА ДОПОМОГОЮ MICROSOFT EXCEL

**Kaidan N.V.,**

*PhD (Physics and Mathematics),  
Associate Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Metinvest holding LLC,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Кайдан Н.В.,**

*к.ф.-м.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Pofalit A.V.,**

*Student,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Metinvest holding LLC,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Пофаліт А.В.,**

*студентка,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Моделювання економічних процесів є необхідним інструментом для розуміння, передбачення та управління економікою в умовах нестабільності та швидких змін. Це дозволяє приймати стратегічно важливі рішення на основі аналітичних прогнозів та розрахунків, покращуючи стійкість і ефективність економічних систем.

Завдяки своїй доступності та зручному інтерфейсу, Excel є популярним вибором для економістів, аналітиків та управлінців. Програма дозволяє ефективно виконувати складні обчислення, аналізувати великі обсяги інформації, проводити оптимізацію та моделювати різні економічні сценарії. Excel значно полегшує процес моделювання завдяки низці вбудованих інструментів, функцій та можливостей, які забезпечують простий і зрозумілий спосіб для аналізу, обчислень та візуалізації даних. Розглянемо декілька прикладів, як Excel допомагає в економічному моделюванні:

#### 1. Автоматизація обчислень

Приклад: Розрахунок прибутку від продажів, де ви маєте стовпець з цінами, кількостями та ставкою податку.

Формула: Для обчислення чистого прибутку в кожному рядку можна використати формулу:  $=B2 * C2 * (1 - D2)$

Тут B2 – ціна, C2 – кількість, D2 – податок. Excel автоматично обчислить прибуток для всього стовпця.

## 2. Аналіз даних (Регресія)

Приклад: Побудова регресійної моделі для прогнозування продажів залежно від витрат на рекламу.

Розв'язання:

1. Увімкніть вкладку «Аналіз даних» (Якщо команда Аналіз даних недоступна, необхідно завантажити надбудову «Пакет аналізу»: Файл → Параметри → Надбудови → Пакет аналізу).

2. Виберіть «Регресія», вкажіть діапазони залежної та незалежної змінних.

3. Після натискання «ОК» Excel створить таблицю з регресійними коефіцієнтами, які можна використовувати для прогнозів.

## 3. Оптимізація та моделювання сценаріїв

Приклад: Максимізація прибутку за обмеженими ресурсами.

Розв'язання:

1. Встановіть мету, наприклад, максимізувати клітинку C10, де обчислюється прибуток.

2. Увімкніть Пошук рішення (Solver), задайте клітинку для оптимізації, змінні та обмеження (наприклад, щоб не перевищувати наявні ресурси).

3. Solver знайде оптимальне значення, наприклад, скільки одиниць продукції виробити для максимального прибутку.

## 4. Візуалізація даних

Приклад: Побудова графіка залежності попиту від ціни.

Розв'язання:

1. Введіть значення цін в одному стовпці, а обсяги попиту – в іншому.

2. Виділіть дані та оберіть тип графіка, наприклад, точковий графік (Scatter Plot).

3. Excel побудує графік, який показує, як змінюється попит залежно від ціни, що допомагає у візуальному аналізі.

## 5. Статистичний аналіз

Приклад: Обчислення середньої зарплати, стандартного відхилення і виведення гистограми для аналізу доходів.

Розв'язання:

Для середнього значення можна використати формулу:  $=AVERAGE(B2:B100)$

Для стандартного відхилення: =STDEV.P(B2:B100)

Гістограму можна побудувати через «Аналіз даних» → «Гістограма», щоб показати розподіл доходів

#### 6. Використання макросів

Приклад: Автоматизація імпорту даних і розрахунку підсумків.

Розв'язання:

1. Запишіть макрос: Розробник → Запис макросу, назвіть його (наприклад, ImportData).

2. Виконайте дії (імпорт даних, форматування, обчислення).

3. Завершіть запис. Тепер щоразу, коли потрібно повторити ці дії, запустіть макрос. Це значно пришвидшує роботу, особливо для рутинних задач.

Excel є потужним інструментом для економічного моделювання та аналітики завдяки своїм можливостям для обчислень, візуалізації та автоматизації процесів. Використовуючи вбудовані функції, аналітичні інструменти та макроси, Excel спрощує рутинні задачі, що дозволяє економістам та аналітикам зосередитися на інтерпретації результатів і прийнятті обґрунтованих рішень. Приклади демонструють, як швидко та ефективно можна реалізувати регресійний аналіз, оптимізувати параметри, оцінити статистичні характеристики та візуалізувати дані. Це робить Excel незамінним для швидкого прототипування моделей і проведення аналізу різних економічних сценаріїв, що підвищує якість аналітики та полегшує обґрунтування управлінських рішень. У навчанні Excel забезпечує місток між теоретичними знаннями та реальними аналітичними задачами, дозволяючи студентам набувати практичних навичок, які мають важливе значення для подальшої професійної діяльності.

#### Перелік використаних джерел

1. Датамайнінг в Excel. Розвідувальний аналіз даних та прогнозування з використанням надбудови Analytic Solver Data Mining. Київ: Видавництво Ліра. К, 2023. 240 с.

2. Kaidan, N., Velychko, V., Fedorenko, E. & Kaidan, V. (2024). The use of computer modeling in the educational process based on the example of studying Coulomb's law. *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 2871, XVI International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2024) 15/05/2024 – 17/05/2024 Kryvyi Rih, Ukraine. doi:10.1088/1742-6596/2871/1/012014

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-203>

## THERMAL ENGINEERING CALCULATIONS AND RESULTS VISUALIZATION USING MATLAB AND PYTHON

### ТЕПЛОТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЛАВ І PYTHON

**Miroshnychenko S.O.,**  
*Senior Teacher,*  
*LLC "Technical university*  
*"Metinvest polytechnic",*  
*Zaporizhzhia, Ukraine*

**Мірошниченко С.О.,**  
*старший викладач,*  
*ТОВ «Технічний університет*  
*«Метінвест політехніка»,*  
*м. Запоріжжя, Україна*

Сучасні методи дослідження процесів передачі теплової енергії потребують ефективних інструментів для математичного моделювання та візуалізації результатів, які б забезпечували необхідну доступність та гнучкість при використанні. Натепер достатньо широке розповсюдження для вказаних задач отримали мови програмування Matlab [1] та Python [2]. У зв'язку з цим проведено порівняльний аналіз вказаних засобів на прикладі реалізації моделі процесу конвективного теплообміну, спрощений математичний опис якої за законом Ньютона-Ріхмана має вигляд:

$$\frac{dT}{dt} = -\alpha(T - T_0),$$

де  $T$  – температура тіла, К;  $T_0$  – температура навколишнього середовища, К;  $t$  – час, хв.

Для розв'язання диференціального рівняння конвективного теплообміну в Python використано метод *odeint* [3], що міститься в бібліотеці *scipy.integrate* [4], тоді як у Matlab застосовано вбудований метод *ode45* [5].

При порівняльному аналізі процесу та результатів моделювання виявлено особливості за наступними ознаками. З точки зору ергономічності мови програмування Matlab має більш компактний спеціалізований синтаксис для роботи з масивами та матрицями (рис. 1, а), в той час як Python потребує імпорту додаткових бібліотек, але надає можливість налаштувати реалізацію під конкретні потреби завдання моделювання (рис. 1, б).

Зокрема, метод *odeint* для розв'язання диференціальних рівнянь використовує алгоритм LSODA, який має можливість автоматично перемикається між методами для жорстких систем та нежорстких систем, тоді як *ode45* базується на методі Рунге-Кутта-Фельберга 4-5 порядку, який краще працює з нежорсткими системами. При контролі точності розрахунків *odeint* контролює локальну похибку усічення, в той час як *ode45* за вибором користувача може здійснювати контроль як абсолютної, так і відносної похибки обчислень.

```

1 % Визначення температури об'єкта з часом при охолодженні від 400 °C до нормальних умов (20 °C)
2 % Віхідні дані:
3 t_start = 0; t_stop = 100; t10 = 10; % Час початку, закінчення та для визначення температури відповідно, хв.
4 T0 = 400; step_number = 1000; % Початкова температура, °C та кількість кроків.
5 tRange = linspace(t_start, t_stop, step_number); % змінна для інтервалу часу t=0 до 100 хвилин
6 [Tsol, Tsol] = ode45(@sinterODEfun, tRange, T0); % Виклик ode45, щоб розв'язати диференціальні рівняння
7 [~, idx] = min(abs(Tsol - t10)); T_10min = Tsol(idx); % Пошук температури через 10 хвилин
8 plot(Tsol, Tsol, "r", 'DisplayName', 'зміна температури від часу') % Графік охолодження від 400 °C до нормальних умов
9 hold on; scatter(t10, T_10min, 'r', 'filled');
10 text(t10+2, T_10min, sprintf('%.1f °C - температура через 10 хв охолодження', T_10min), ...
11     'Color', 'red', 'HorizontalAlignment', 'left');
12 plot([t_start t10], [T_10min T_10min], 'r--', 'LineWidth', 0.7);
13 plot([t10 t10], [t_start T_10min], 'r--', 'LineWidth', 0.7);
14 title("Охолодження об'єкта (Matlab)") % Опис та налаштування графіка
15 legend("зміна температури від часу"); xlabel("час (хвилини)"); ylabel("температура (°C)")
16 xlim([t_start t_stop]); ylim([t_start T0]); hold off;
17 function dTdt = sinterODEfun(T,T) % Локальна функція що імплементує Закон Ньютон - Ріхмана
18     a = 0.058; % Коефіцієнт теплоізоляції, Вт/м²/К.
19     Tn = 20; % Температура при нормальних умовах, °C.
20     dTdt = - a * (T - Tn);
21 end

```

а)

```

1 # Визначення температури об'єкта з часом при охолодженні від 400 °C до нормальних умов (20 °C)
2 import numpy as np
3 from scipy.integrate import odeint
4 import matplotlib.pyplot as plt
5 # Віхідні дані:
6 t_start, t_stop, t10 = 0, 100, 10 # Час початку, закінчення та для визначення температури, хв.
7 T0, Tn = 400, 20 # Початкова температура та температура при нормальних умовах °C.
8 a, step_number = 0.058, 1000 # Коефіцієнт теплоізоляції, Вт/м²/К та кількість кроків.
9
10 def sinter_ode_fun(T, t): # Локальна функція що імплементує Закон Ньютон - Ріхмана using new*
11     return - a * (T - Tn)
12
13 t_range = np.linspace(t_start, t_stop, step_number) # Змінна для інтервалу часу t=0 до 100 хвилин
14 T_sol = odeint(sinter_ode_fun, T0, t_range) # Виклик odeint, щоб розв'язати диференціальні рівняння
15 T_10min = T_sol[np.abs(t_range - t10).argmin()][0] # Пошук температури через 10 хвилин
16 plt.plot(t_range, T_sol, 'r', label='зміна температури від часу') # Графік охолодження
17 plt.scatter(t10, T_10min, color='red')
18 plt.text(t10 + 2, T_10min, s=f'{T_10min:.1f} °C - температура через 10 хв охолодження', color='red', ha='left')
19 plt.axhline(y=T_10min, xmin=t_start, xmax=t10 + t_stop, color='red', linestyle='--', linewidth=0.7)
20 plt.axvline(x=t10, ymin=t_start, ymax=(T_10min - Tn) / (T0 - Tn), color='red', linestyle='--', linewidth=0.7)
21 plt.title("Охолодження об'єкта (Python)") # Опис та налаштування графіка
22 plt.xlabel("час (хвилини)"); plt.ylabel("температура (°C)"); plt.xlim(left=t_start, right=t_stop); plt.show()

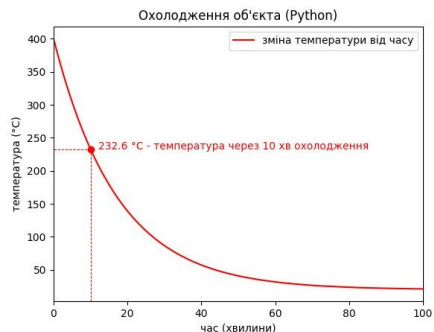
```

б)

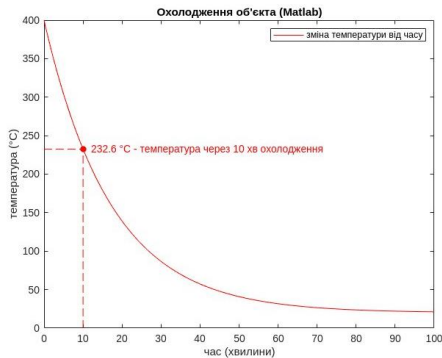
Рис. 1. Програмні реалізації спрощеної моделі конвективного теплообміну мовами програмування Matlab (а) і Python (б)

При візуалізації результатів досліджень обидва засоби надають потужні інструменти для побудови графіків: середовище Matlab має більш зручний інтерфейс для інтерактивного налаштування графіків, тоді як бібліотека Python Matplotlib [6] забезпечує більше можливостей для програмного налаштування візуалізації.

При моделюванні охолодження об'єкту впродовж 100 хвилин від початкової температури  $400^{\circ}\text{C}$  обидва засоби моделювання надали ідентичні результати (рис. 2), що підтверджує коректність реалізації математичної моделі та точність обчислень в обох випадках.



а)



б)

**Рис. 2. Візуалізація результатів моделювання конвективного теплообміну засобами Python (а) і Matlab (б)**

Проведений аналіз демонструє, що обидві мови програмування є ефективними інструментами для моделювання теплових процесів. Середовище Matlab надає більш розвинений математичний інструментарій із зручним інтерфейсом, пропонує простоту використання та готові рішення, на кшталт Simulink та Simscape, що робить його ідеальним для інженерів та практиків. Мова програмування Python, яка відрізняється більшою гнучкістю, відкритістю та можливістю безкоштовного використання, є відмінним вибором для дослідників, які потребують відкритого та розширювального коду. Вибір конкретного засобу моделювання може залежати від специфіки задачі та наявних ресурсів.

### Перелік використаних джерел

1. MATLAB. *MathWorks – Maker of MATLAB and Simulink – MATLAB & Simulink*. URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (date of access: 07.10.2024)
2. Welcome to Python.org. *Python.org*. URL: <https://www.python.org/> (date of access: 17.10.2024).
3. odeint – SciPy v1.14.1 Manual. *Numpy and Scipy Documentation – Numpy and Scipy documentation*. URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.integrate.odeint.html#scipy.integrate.odeint> (date of access: 17.10.2024).
4. Integration and ODEs (scipy.integrate) – SciPy v1.14.1 Manual. *Numpy and Scipy Documentation – Numpy and Scipy documentation*. URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/integrate.html> (date of access: 17.10.2024).
5. ode45 – Solve nonstiff differential equations – mediumorder method – MATLAB. *MathWorks – Maker of MATLAB and Simulink – MATLAB & Simulink*. URL: [https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/ode45.html?s\\_tid=srchtitle\\_site\\_search\\_1\\_ode45](https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/ode45.html?s_tid=srchtitle_site_search_1_ode45) (date of access: 10.10.2024).
6. Matplotlib – Visualization with Python. *Matplotlib – Visualization with Python*. URL: <https://matplotlib.org/> (date of access: 17.10.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-204>

**IMPLEMENTATION OF MINECRAFT EDUCATION EDITION  
AS AN ELEMENT OF GAMIFICATION IN TEACHING  
MATHEMATICAL DISCIPLINES**

**ЗАСТОСУВАННЯ MINECRAFT EDUCATION EDITION  
ЯК ЕЛЕМЕНТУ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ПРИ ВИКЛАДАННІ  
МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

**Fedorenko O.H.,**

*PhD (Pedagogy),  
Associate Professor,  
Donbas State Pedagogical University,  
Dnipro, Ukraine*

**Федоренко О.Г.,**

*к.пед.н., доцент, Державний вищий  
навчальний заклад «Донбаський  
державний педагогічний  
університет», м. Дніпро, Україна*

**Kaidan N.V.,**

*PhD (Physics and Mathematics),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Metinvest holding LLC,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Кайдан Н.В.,**

*к.ф.-м.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Andrusyk A.A.,**

*Student,  
Donbas State Pedagogical University,  
Dnipro, Ukraine*

**Андрусик А.А.,**

*студент, Державний вищий  
навчальний заклад «Донбаський  
державний педагогічний  
університет»,  
м. Дніпро, Україна*

Гейміфікація в освіті – це підхід, що використовує ігрові елементи та принципи для підвищення мотивації та залучення здобувачів освіти. Вона ґрунтується на включенні елементів змагання, нагород, рівнів і досягнень у навчальний процес. Мета гейміфікації – зробити навчання більш інтерактивним, цікавим і ефективним.

До основних елементів гейміфікації можна віднести систему балів, які можна отримувати за правильні відповіді, виконані завдання, активну участь тощо. Це створює систему миттєвого зворотного зв'язку, яка допомагає бачити прогрес. Коли набирається певна кількість балів, є можливість переходити на нові «рівні» або отримувати віртуальні нагороди. Це підвищує мотивацію, оскільки кожен рівень відображає прогрес у навчанні здобувачів освіти. Дошка лідерів допомагає побачити своє місце серед одногрупників, але важливо, щоб це не призводило до надмірного змагання або тиску. Також, у навчальний процес можна вбудувати сюжет, який робить завдання більш цікавими. Це може бути

«подорож», під час якої здобувачі освіти «проходять» певні рівні, виконують місії та відкривають нові знання.

До переваг гейміфікації в освіті можна віднести те, що здобувачі освіти активніше беруть участь у навчальному процесі, бо завдання стають цікавішими. Вони бачать результати своїх зусиль одразу, що допомагає їм зрозуміти, які теми вони засвоїли добре, а над чим ще варто попрацювати. Гейміфікація дозволяє враховувати різні рівні підготовки здобувачів освіти і адаптувати завдання відповідно до їхніх потреб. Багато ігрових механік можуть стимулювати їх до командної роботи, що формує вміння працювати в групі, домовлятися та приймати колективні рішення.

Приклади ресурсів для гейміфікації в освіті:

- КласДоджо (ClassDojo): популярна навчальна платформа, де здобувачі освіти отримують бали за поведінку, старанність і виконання завдань, а також можуть обмінювати їх на нагороди»;

- Quizizz та Kahoot!: інструменти для створення вікторин дозволяють здобувачам освіти змагатися між собою або працювати в команді, відповідаючи на запитання у форматі гри;

- Minecraft Education Edition: використовується для розвитку критичного мислення, творчих навичок і навчання STEM-дисциплінам.

Розглянемо один з представлених прикладів, а саме Minecraft Education Edition. Це навчальна версія популярної гри Minecraft, яка пропонує інструменти та ресурси для розвитку критичного мислення, вирішення проблем і творчості. Завдяки вбудованим можливостям для гейміфікації та створення квестів, ця платформа стала ефективним інструментом для викладання математичних дисциплін, оскільки допомагає викликати у здобувачів освіти інтерес до математики та навчання загалом.

Minecraft дозволяє створювати віртуальні моделі, які наочно демонструють такі математичні концепції, як площа, об'єм, координати, симетрія, пропорції та інші. Викладачі можуть створювати квести або завдання, що вимагають від здобувачів освіти вирішення математичних задач для проходження рівнів. Це може бути розрахунок матеріалів для побудови структури, визначення найкоротшого шляху до певної точки або планування території з дотриманням геометричних пропорцій. Такий підхід робить навчання цікавим і захопливим, а також сприяє розвитку математичного мислення у прикладному контексті. Крім цього заохочує здобувачів освіти до самостійного пошуку рішення, що є важливим для формування навичок вирішення проблем.

Minecraft Education Edition має можливість програмування за допомогою платформ MakeCode та Python, що дозволяє інтегрувати елементи інформатики у математичні дисципліни. Автоматизація обчислень, створення послідовних процесів (алгоритмів) допомагають користувачам бачити реальні приклади застосування математики.

Minecraft Education Edition пропонує чудову можливість інтегрувати поняття логічних функцій у навчальний процес через інтерактивні та гейміфіковані методи. Логічні функції є основою для розуміння більш складних математичних та інформатичних концепцій, таких як алгоритми, програмування, а також принципи роботи комп'ютерів та цифрових систем. Завдяки Minecraft можна на практиці вивчати ці функції, використовуючи командні блоки, програмування та створення інтерактивних задач. Minecraft Education Edition дозволяє використовувати командні блоки для реалізації різних логічних функцій. Командні блоки дозволяють автоматизувати дії, виконуючи команди в грі в залежності від певних умов, що можна порівняти з логічними функціями в програмуванні. Наведемо приклад задачі, яку можна розв'язати засобами Minecraft Education Edition.

Задача: Створення системи безпеки в Minecraft

Створіть автоматичну систему безпеки, яка відкривається лише тоді, коли виконуються одночасно кілька умов:

- установка двох кнопок для активації системи (логіка AND);
- встановлення датчиків, що реагують на зміни в середовищі (наприклад, на прибуття мобів чи зміни у світі), використовуючи логічні операції OR;
- включення пастки або дверей лише в тому випадку, коли певна умова (наприклад, моб за межами території) змінюється за допомогою логічної операції NOT.

Вивчення логічних функцій за допомогою Minecraft Education Edition сприяє розвитку не тільки математичних навичок, а й навичок програмування. Minecraft Education Edition є потужним інструментом для навчання логічним функціям, адже через використання командних блоків і програмування здобувачі освіти можуть не лише вивчати основи логіки, а й застосовувати ці знання на практиці в реальному часі. Це допомагає зробити навчання більш захопливим і зрозумілим, сприяючи розвитку важливих навичок для майбутнього.

Гейміфікація – це ефективний інструмент для підвищення зацікавленості та залучення здобувачів освіти у процес навчання. Однак важливо пам'ятати, що її необхідно впроваджувати обережно, аби вона доповнювала навчальний процес і не ставала самоціллю.

### **Перелік використаних джерел**

1. Dicheva D., Dichev C., Agre G., & Angelova G.. Gamification in education: A systematic mapping study. *Journal of Educational Technology & Society*. 18(3), 2015. P.75-88.
2. Fedorenko Elena, Velychko Vladyslav, Kaidan Nataliia, Soloviev Vladimir Gamification in the process of studying logical operators on the Minecraft EDU platform, *Proceedings of the 4rd International Workshop on*

Augmented Reality in Education (AREdu 2021) Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021, P.107-118. Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2898/paper05.pdf>

3. Кайдан Н.В., Тараненко Г.І. Мотивація освітнього процесу засобами гейміфікації. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2023. №13. С. 74-78. DOI: <https://doi.org/10.31865/2413-26672415-3079132023295357>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-205>

## A PROJECT OF ORGANIZING A SYSTEM FOR DETERMINING THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN THE AREA OF NUCLEAR POWER PLANTS

## ПРОЄКТ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ В ЗОНІ РОЗТАШУВАННЯ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

**Fil V.M.,**

*PhD (Physics and Mathematics),  
Associate Professor, Ivan Franko  
National University of Lviv,  
Lviv, Ukraine.*

**Філь Б.М.,**

*к.ф.-м.н., доцент,  
Львівський національний  
університет імені Івана Франка,  
м. Львів, Україна.*

**Kaidan Ye.V.,**

*Student, Ivan Franko National  
University of Lviv,  
Lviv, Ukraine*

**Кайдан Є.В.,**

*студентка, Львівський національний  
університет імені Івана Франка,  
м. Львів, Україна*

Для ефективної оцінки екологічної та радіаційної обстановки в зоні розташування атомних електростанцій пропонується використовувати систему для аналізу даних у вигляді додатку, розробленого, в основному, мовою Python, який автоматично оцінює показники, порівнює їх з нормальними значеннями за замовчуванням та робить передбачення змін даних.

Основні аспекти оптимізації процесу аналізу даних пропонується запровадити наступними кроками:

- автоматизація повторюваних завдань, а саме заміна ручних процесів завантаження та очистки даних автоматичними, що заощаджує час і зменшує ризик помилок (збільшує надійність системи).
- для забезпечення точності та узгодженості, однорідності даних використовуються методи очистки та стандартизації – видалення

дублікатів, компенсування пропущених значень, а також перетворення даних у потрібний формат.

– для ефективного зберігання і доступу до даних застосовуються бази даних, хмарні сервіси або інші сховища, які забезпечують надійність зберігання і швидкий доступ до інформації.

– для аналізу використовуються програмні коди, написані на Python, R, SQL, а також спеціалізоване програмне забезпечення Power BI і Tableau, що забезпечує швидкий і точний аналіз.

– для оптимізації прогнозування та класифікації даних використовуються методи машинного навчання та штучного інтелекту (ARIMA, SARIMA тощо).

– для візуалізації та звітності передбачено автоматизоване створення звітів і дашбордів, які розроблені для ефективного ухвалення рішень. Особа, яка приймає рішення, має можливість налаштування інтерактивних дашбордів, які оновлюються в режимі реального часу.

Основна мета оптимізації організаційної структури системи для визначення екологічної обстановки в зоні розташування атомних електростанцій – зробити процес роботи з даними швидшим, надійнішим і менш затратним. Це дозволяє отримувати ефективні висновки та рекомендації у стислі терміни в умовах швидкої зміни ситуації (особливо у випадку техногенної катастрофи), що допомагає приймати рішення на основі точних і актуальних даних.

Наведемо приклад того, як система працюватиме:

Перед початком роботи користувач отримує, в автоматичному режимі, дані про екологічні та радіаційні показники, які будуть аналізуватися (кількість частинок або об'єм речовин, які виходять у навколишнє середовище тощо). Для прикладу наведено частину даних у вигляді таблиці з сайту <https://data.gov.ua/>

year	quarter	station	irg	irg_index	iodine_ radionuclides	iodine_ radionuclides_i ndex	stal n
2018	1	ЗАЕС	89	0.13	260	<0,01	
2018	1	РАЕС	105	0.16	147	<0,01	
2018	1	ЮАЕС	45	0.1	76	<0,01	
2018	1	ХАЕС	31	0.07	26.8	<0,01	
2018	2	ЗАЕС	84	0.12	262	<0,01	
2018	2	РАЕС	113	0.17	73	<0,01	
2018	2	ЮАЕС	37	0.1	75	<0,01	
2018	2	ХАЕС	30	0.07	27.6	<0,01	
2018	3	ЗАЕС	84	0.12	235	<0,01	
2018	3	РАЕС	101	0.15	45	<0,01	
2018	3	ЮАЕС	39	0.1	88	<0,01	
2018	3	ХАЕС	33	0.07	30	<0,01	
2018	4	ЗАЕС	79	0.11	240	<0,01	
2018	4	РАЕС	92	0.14	77	<0,01	

**Рис. 1. Приклад таблиці звіту по екологічній та радіаційній обстановці в зоні розташування атомних електростанцій**

Програма конвертує дані в формат придатний для подальшого оброблення (файл CSV або XLSX).

Програма визначає допустимі значення і відхилення для кожного показника на основі чинних стандартів і норм.

Виводиться консольний та графічний інтерфейс для відображення результатів. Для цього використовуються бібліотека Tkinter (для графічного інтерфейсу) та текстовий вивід.

На основі опрацьованих даних застосовуються прописані функції для виведення результатів: коли показник знаходиться в межах норми або коли перевищує/не досягає норми. Підсумкові дані у вигляді таблиць або графіків виводяться на екран для зручності аналізу.

Додаток передбачає регулярне оновлення даних, тому користувач отримує аналіз в режимі реального часу.

Для побудови графіків, що зображають рівні радіації, забруднення та інші параметри в режимі реального часу програмою використовуються бібліотеки для візуалізації matplotlib або seaborn.

Методами штучного інтелекту та моделями, що описують поведінку даних, програма передбачає майбутні значення показників.

Додатково передбачено простий графічний інтерфейс на Tkinter, де користувач має змогу ввести дані і отримати результати перевірки в реальному часі.

Додаток також формує базу даних для подальшого аналізу ситуацій що моніториться, та прогнозування станів.

Цей додаток дозволить ефективно оцінювати екологічну та радіаційну ситуацію в зоні атомних електростанцій, автоматично порівнюючи показники з нормативними значеннями і надаючи зрозумілі результати для подальших дій особою яка приймає рішення, або автоматичною системою оповіщення призначеною для своєчасного доведення сигналів і повідомлень з питань цивільної оборони до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій та населення.

### **Перелік використаних джерел**

1. Ricardo Di Pasquale, Javier Marengo. Optimization meets Big Data: A survey. URL: <https://arxiv.org/pdf/2102.01832> (Дата звернення 06.11.2024)
2. Техніки оптимізації структур даних для покращення продуктивності URL: <https://peerdh.com/uk/blogs/programming-insights/data-structure-optimization-techniques-for-improved-performance> (28.10.2024).
3. R. Ashari, M. F. Akbar, W. D. Thamrin and N. Hanafiah, "A Systematic Literature Review: Database Optimization Techniques," *2021 1st International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence (ICCSAI)*, Jakarta, Indonesia, 2021, pp. 295-300, doi: 10.1109/ICCSAI53272.2021.9609766.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-206>

## USING GOOGLE APPLICATIONS IN TEACHING DISCIPLINES OF THE PROFESSIONAL TRAINING CYCLE

### ВИКОРИСТАННЯ GOOGLE-ДОДАТКІВ У ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН ЦИКЛУ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

**Shchensnevych O.V.,**

*Teacher of the first qualification category, Separated structural subdivision «Slovyansk Applied College of the National Aviation University», Kropyvnytskyi, Ukraine.*

**Щенсневич О.В.,**

*викладач першої кваліфікаційної категорії, Відокремлений структурний підрозділ «Слов'янський фаховий коледж Національного авіаційного університету», м. Кропивницький, Україна*

**Shchensnevych Yu.Yu.,**

*Teacher of the second qualification category, Separated structural subdivision «Slovyansk Applied College of the National Aviation University», Kropyvnytskyi, Ukraine*

**Щенсневич Ю.Ю.,**

*викладач другої кваліфікаційної категорії, Відокремлений структурний підрозділ «Слов'янський фаховий коледж Національного авіаційного університету», м. Кропивницький, Україна*

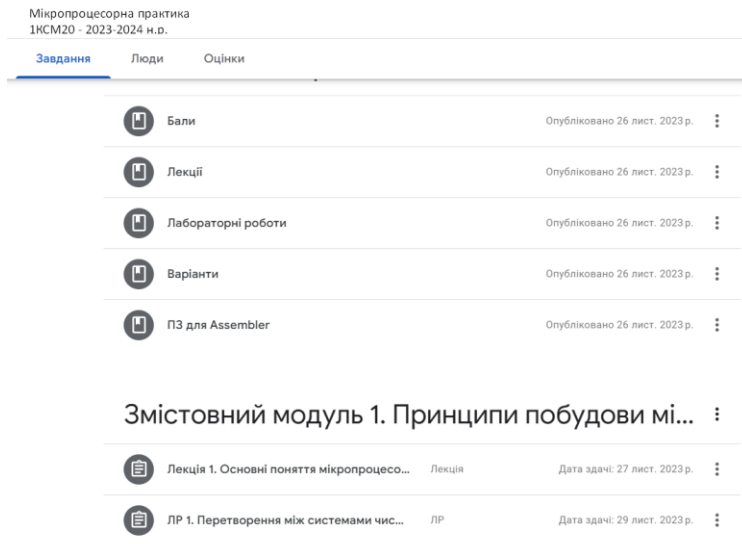
Сучасне освітнє середовище стрімко змінюється під впливом технологій. Викладачі вищих навчальних закладів стикаються з необхідністю адаптуватися до нових методів навчання, які сприяють активній взаємодії зі студентами та використанню різноманітних цифрових інструментів. У цьому контексті дуже важливими є інформаційно-комунікаційні навички викладачів, які включають не лише загальні навички, але й досвід роботи з інноваційними освітніми технологіями. Одним з найбільш ефективних рішень для організації навчального процесу є використання хмарних сервісів Google.

Хмарні технології Google дозволяють обробляти дані через Інтернет без прив'язки до конкретного пристрою або місця розташування і надають доступ до програмного забезпечення як до онлайн-сервісу. Для викладачів та студентів це означає, що вони можуть використовувати потужні інструменти для обробки даних, управління навчальним процесом та спільної роботи над проектами; завдяки додаткам Google

навчання стає доступнішим і простішим, а взаємодія викладача та студента – ефективнішою та продуктивнішою.

Google Classroom – це потужний інструмент для організації навчального процесу, що дозволяє викладачам створювати курси, додавати студентів і публікувати навчальні матеріали, такі як презентації, відео та завдання. Він забезпечує єдину платформу для студентів з доступом до всіх необхідних ресурсів.

Завдання в Google Classroom можуть мати строки виконання, а студенти можуть прикріплювати завдання, створені в інших додатках Google, таких як Google Docs та Google Slides. Викладачі та студенти можуть коментувати завдання та швидко обговорювати проблеми, що допомагає забезпечити своєчасний зворотній зв'язок. Google Classroom також надає важливі можливості оцінювання та коментування для покращення розуміння студентами матеріалу.



**Рис. 1. Приклад наповнення Google Classroom «Мікропроцесорна практика»**

Google Docs – чудовий інструмент для створення та редагування текстових документів і організації як індивідуальної, так і групової роботи. Наприклад, під час вивчення теми з веб-технологій студенти можуть використовувати Google Docs для спільного створення технічних документів і лабораторних звітів; документи Google Docs можна коментувати, щоб викладачі могли швидко реагувати на роботу студентів. Функція історії змін також допомагає оцінити індивідуальний внесок кожного учасника.

Google Slides – це важливий інструмент для створення презентацій, які легко пояснюють складні теми на курсах з інтернет-технологій та веб-програмування. Викладачі можуть використовувати зрозумілу інтерактивну анімацію, а студенти – готувати власні проекти; Google Slides підтримує групову роботу і дозволяє студентам створювати проекти в командах. Він також може бути інтегрований з іншими додатками Google (такими як Google Sheets та Google Docs) для створення більш інформативних та корисних презентацій.

Google Forms – це потужний інструмент для управління тестами та опитуваннями, що дозволяє викладачам створювати опитування з різними типами запитань, які підходять для оцінювання знань студентів. Можливість автоматичного оцінювання результатів забезпечує зручний спосіб перевірки рівня засвоєння матеріалу.

Аналіз сучасних освітніх реформ свідчить про важливість інформатизації освіти. Використання сучасних інформаційних технологій оптимізує навчальний процес, полегшує адаптацію до нових ситуацій і дозволяє освіті більш ефективно реагувати на потреби сучасного світу. Інформаційні технології в освіті в галузі циклів професійної підготовки допомагають студентам набути важливих навичок та компетенцій, а додатки Google є інструментами, які сприяють забезпеченню якісного навчання та професійного розвитку.

### **Перелік використаних джерел**

1 Piatnychuk I., Pyatnychuk H., Modern information technologies and services in public institutions. Journal of Vasyly Stefanyk Precarpathian National University, 2021, Vol. 8, No. 3. P. 43-51. URL: <https://ktpie.pnu.edu.ua/index.php/jpnu/article/view/5442/5775> (Дата звернення 28.10.2024)

2 Tsyvilskyi F. M., Kozel V.M., Drozdova I. A. and Prykhodko O.O., Practical implementation of the BYOD concept in higher educational institutions. Information Technologies and Learning Tools, 2021, Vol. 81, No. 1. P. 285-296 URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3744> (Дата звернення 28.10.2024)

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-207>

## USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE EXAMPLE OF CHATGPT IN THE EDUCATIONAL PROCESS

### ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ПРИКЛАДІ CHATGPT В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

**Shchensnevych Yu.Yu.,**

*Teacher of the second qualification  
category, Separated structural  
subdivision «Slovyansk Applied College  
of the National Aviation University»,  
Kropyvnytskyi, Ukraine*

**Щенсневич Ю.Ю.,**

*викладач другої кваліфікаційної  
категорії, Відокремлений  
структурний підрозділ  
«Слов'янський фаховий коледж  
Національного авіаційного  
університету»,  
м. Кропивницький, Україна*

**Shchensnevych O.V.,**

*Teacher of the first qualification  
category, Separated structural  
subdivision «Slovyansk Applied College  
of the National Aviation University»,  
Kropyvnytskyi, Ukraine*

**Щенсневич О.В.,**

*викладач першої кваліфікаційної  
категорії, Відокремлений  
структурний підрозділ  
«Слов'янський фаховий коледж  
Національного авіаційного  
університету»,  
м. Кропивницький, Україна*

**Kaydan Ye.V.,**

*Student, Ivan Franko National  
University of Lviv, Lviv, Ukraine*

**Кайдан Є.В.,**

*студентка, Львівський національний  
університет імені Івана Франка,  
м. Львів, Україна*

Штучний інтелект (ШІ) стрімко розвивається, і ChatGPT є яскравим прикладом цього прогресу. Зокрема, низка моделей GPT, розроблених OpenAI, демонструють здатність генерувати текст на основі вхідних даних. Наразі доступні такі моделі: GPT-3.5, GPT-4, GPT-4 Turbo і GPT-4o, які широко використовуються у великій кількості додатків – від чат-ботів до створення контенту.

Оскільки ChatGPT – це чат-бот, для максимальної зручності краще використовувати один чат для обговорення однієї теми. Першим кроком у взаємодії з ChatGPT є видача промпту (запиту), який дає моделі вказівку виконати певне завдання.

Створення промптів – це процес генерації тексту, який може варіюватися від простих запитань до складних інструкцій. Промпти визначають суть завдання, яке потрібно виконати в ChatGPT. Промпти можуть мати різну структуру. Для досягнення найкращих результатів промпти повинні включати роль мовної моделі, характер завдання, контекст, мету завдання, опис очікуваних результатів і формат відповіді (звичайний текст, контрольний список, певна мова програмування, таблиця тощо).

Окрім підказок, ChatGPT також має функцію пам'яті, яка гарантує, що важлива інформація не повторюватиметься кожного разу. Це дозволяє отримувати більш персоналізовані відповіді в межах конкретного чату. Наприклад, якщо ви вкажете в підказці, що «всі завдання виконуються на мові програмування Python» і увімкнете пам'ять, ChatGPT використовуватиме цю інформацію як контекст при генерації наступних відповідей.

Важливо зазначити, що ChatGPT добре працює з реальними даними та загальною інформацією, яка вже є в мережі. Однак, якщо робиться запит на аналіз або пошук інформації, якої немає в мережі, можна отримати невірні або фіктивні результати. Раніше ChatGPT міг давати очевидні відповіді. Однак після оновлення модель намагається уникати упереджених суджень і давати більш об'єктивні відповіді, особливо на альтернативні запити.

Штучний інтелект відіграє важливу роль у трансформації сучасної освіти. Зокрема, інтеграція інтелектуальних систем у шкільну освіту є важливим кроком на шляху до адаптації навчального процесу до індивідуальних потреб студентів. Інтелектуальні системи можуть враховувати стиль навчання, швидкість і рівень розуміння кожного студента та створювати індивідуальні програми для кращого засвоєння матеріалу. Крім того, використання штучного інтелекту може допомогти розвинути критичне мислення та навички вирішення проблем, оскільки студенти розвивають свої аналітичні здібності під час використання інтелектуальної системи.

Що стосується використання ChatGPT в освіті, то штучний інтелект може допомогти викладачам генерувати нові ідеї для занять і заходів, а також створювати навчальні матеріали, такі як роздруковки та робочі аркуші.

Наведи онлайн сервісі, щоб підтримувати залучення студентів під час віртуальних класів, при вивченні дисципліни "Архітектура комп'ютерів"

- Ось кілька онлайн-сервісів, які допоможуть підтримати залучення студентів під час вивчення дисципліни "Архітектура комп'ютерів":
1. **Logisim** – інструмент для моделювання цифрових схем. Дозволяє студентам створювати та тестувати комп'ютерні схеми, що допомагає краще зрозуміти роботу апаратних компонентів.
  2. **Tinkercad** – платформа для 3D-моделювання і створення електронних схем, де студенти можуть проектувати та симулювати роботу різних комп'ютерних компонентів.
  3. **Edpuzzle** – сервіс для інтерактивних відеоуроків, який дозволяє додавати запитання всередині відео, щоб перевірити розуміння теми. Наприклад, можна додати питання після пояснення роботи процесора.

## Рис. 1. Приклад використання ChatGPT у викладацькій діяльності

Студенти також можуть використовувати ChatGPT як репетитора, щоб допомогти їм пояснити складні поняття, розв'язати математичні задачі та отримати підтримку в написанні есе, висновків і цитат.

Розв'яжи завдання: Знайти похідну для  $f(x)=x^{4.5}$  через визначення похідної (границі)?

- Для обчислення похідної функції  $f(x) = x^{4.5}$  через визначення похідної скористаємося класичним підходом:

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

1. Запишемо функцію, підставивши  $f(x) = x^{4.5}$ :

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{(x+h)^{4.5} - x^{4.5}}{h}$$

2. Далі застосовуємо біноміальний розклад для дробового степеня або наближаємо значення функції. Оскільки дробовий степінь складний для точного розкладу, наближене рішення використовує значення, що наближається до правила похідних степеня.
3. Оскільки відомо, що похідна функції  $x^n$  дорівнює  $nx^{n-1}$ , ми перевіряємо та підтверджуємо, що:

$$f'(x) = 4.5 \cdot x^{3.5}$$

Отже, похідна  $f(x) = x^{4.5}$  за визначенням границі відповідає стандартному правилу для степеневих функцій.

## Рис. 2. Приклад використання ChatGPT у розв'язанні математичної задачі

З огляду на те, що ChatGPT є генеративним, попередньо навченим перетворювачем, його здатність розв'язувати математичні задачі є вторинною. Тому результати, отримані від системи, потрібно ретельно перевіряти, особливо в складних завданнях, де можливі помилки.

Тому дуже важливо, щоб викладачі були підготовлені до використання штучного інтелекту в навчальному процесі. Це безпосередньо пов'язано з розвитком освіти. Наведені вище приклади ілюструють важливість надання ШІ можливості правильно формулювати запити, а також критично і вдумливо ставитися до отриманих результатів.

#### **Перелік використаних джерел**

4. Pokryshen D., Artificial Intelligence in education: cases of using ChatGPT 3.5. Фізико-математична освіта, 2024. Том 39. № 1. С. 56-63. URL: <https://fmo-journal.org/index.php/fmo/article/view/307/206> (Дата звернення 28.10.2024)

5. Як учителю використовувати штучний інтелект для уроків. Альтернативна освіта в Україні. URL: <https://osvitanova.com.ua/posts/5906-yak-uchyteliuvykorystovuvaty-shtuchnyi-intelekt-dlia-urokiv> (Дата звернення 28.10.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-208>

### **USING THE INTERACTIVE TABLE OF CHEMICAL ELEMENTS WHEN LEARNING CHEMISTRY**

### **ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ТАБЛИЦІ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ**

**Yusina G.L.,**  
*PhD (Chemistry), Associate Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Юсіна Г.Л.,**  
*к.х.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Якість підготовки студентів визначається змістом освітніх програм, технологіями проведення семінарських і практичних занять, їхньою організаційною та практичною спрямованістю, тому необхідне впровадження нових педагогічних технологій в освітній процес.

Застосування ІКТ – одна з форм викладання в сучасній освіті, яка сприяє не тільки всебічному розвитку особистості, а й підвищенню мотивації студентів до вивчення нової теми певної навчальної дисципліни [1-3]. Навчання із застосуванням ІКТ являє собою не тільки виклад нової інформації, а й навчання прийомів самостійної роботи, взаємо- і самоконтролю, дослідницької діяльності, вміння узагальнювати та інтерпретувати отримані експериментальні дані.

Актуальність використання ІКТ у навчанні хімії обумовлюється тим, що в комп'ютерних технологіях закладено невичерпні можливості для навчання на якісно новому рівні. Вони надають широкі можливості для розвитку особистості студентів та реалізації їхніх здібностей [3]. Якщо виходити з особливостей хімії як науки, то використання комп'ютера у вивченні хімії є найдоцільнішим ще й тому, що він достатньо полегшує представлення хімічних даних, дає змогу описувати й редагувати хімічні формули з використанням хімічних редакторів, розширює світогляд хімічних знань, використовуючи інформаційні ресурси Інтернету для хіміків, дає змогу провести хімічні дослідження навіть тоді, коли цього не дає змоги лабораторія закладу освіти, використовуючи при цьому віртуальні хімічні лабораторії.

Навчальний процес у ВНЗ побудований таким чином, що за малу кількість часу викладач повинен донести до слухачів велику кількість нової інформації, не тільки теоретичного але і фактичного плану. Використати максимум наочних посібників [4], для того щоб кожен зрозумів наданий матеріал.

Для оптимізації навчального процесу та скорочення витрат часу на заняттях та від час самостійної роботи ми пропонуємо використовувати інтерактивну таблицю хімічних елементів, яку розташовано на сайті <https://ptable.com>. Таблиця представлена у довгоперіодному варіанті, користування нею є простим та зручним. Мова обирається самостійно з випадуючого списку, українська також є.

Це одночасно підручник і наочний посібник із загальної та неорганічної хімії. Він є інтерактивною моделлю періодичної таблиці Д.І. Менделєєва і надає такі можливості: наочно представляє періодичний закон на основі вивчення закономірностей зміни властивостей хімічних елементів; створює можливість самостійної роботи з вивчення загальної та неорганічної хімії з використанням обчислювальної техніки; містить засоби самоконтролю знань, що стосуються тем, пов'язаних з будовою атомів, елементів та їх електронними конфігураціями; містить засоби вивчення сучасної номенклатури хімічних елементів українською, англійською,

латинською мовами. Інтерфейс програми складається з інтерактивної таблиці Д.І. Менделєєва і команд меню. Клітинка, на яку вказує курсор «миші», відображається в збільшеному вигляді в демонстраційному вікні, у якому виводиться також назва елемента вибраною мовою. Програмно-методичний комплекс містить великий фактичний матеріал про хімічні елементи періодичної системи, а саме: історію відкриття елементів, знаходження у природі, добування, фізичні й хімічні властивості простих речовин і сполук елементів, їх властивості й застосування. Okремо наведені історичні відомості про відкриття періодичного закону, становлення атомно-молекулярного вчення. Програмний засіб «Таблиця Менделєєва» – це досить зручний довідник, який може бути використаний для самостійного поглибленого вивчення матеріалу, що стосується певних елементів, речовин, технологій отримання металів і неметалів. Для оперативного отримання значень фізичних і хімічних констант елементів і речовин зручно скористатися інформаційними вікнами, які містять дані про: властивості атомів елементів: атомні маси, діаметри атомів, відносні електронегативності, енергії іонізації, спорідненість до електрону, і простих речовин: густини, температури плавлення, температури кипіння, стандартні молярні теплоємності.

Використання інтерактивної Таблиці Менделєєва дозволяє оптимізувати навчальний процес та скоротити непродуктивні витрати часу.

### **Перелік використаних джерел**

1. Підгорна Т. В. Інформаційно-комунікаційні технології в хімічних дослідженнях: Посібник для вчителів. Т. В. Підгорна. К.: Видавництво НПУ імені М. П. Драгоманова, 2013. 233 с.
2. Природничі науки і освіта : збірник наукових праць природничо-географічного факультету. Умань : Видавничо-поліграфічний центр «Візаві» (Видавець «Сочінський»), 2015. 221 с.
3. Деркач Т. М. Використання інформаційних технологій при викладанні хімічних дисциплін у вищій школі / Т. М. Деркач, А. О. Павлова // Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі : зб. наук. пр. Кривий Ріг : ВВ НМетАУ, 2006. С. 255–260.
4. Полупаненко О. Г. Комп'ютерні технології навчання у викладанні хімічних дисциплін. Науковий вісник Донбасу. №1(5), 2008 <https://nvd.luguniv.edu.ua/archiv/NN5/08pogvcd.pdf>

## MODERN TOOLS IN BUSINESS PERFORMANCE MANAGEMENT

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-209>

### METHODS OF INCREASING THE EFFECTIVENESS OF TEAMWORK

### МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМАНДНОЇ РОБОТИ

**Andreieva K.S.,**  
*student (group 051-22-1),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Андреева К.С.,**  
*здобувачка вищої освіти  
(група 051-22-1),  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Smyrnova I.I.,**  
*PhD (Economics), Associate Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Смирнова І.І.,**  
*к.е.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Проблема підвищення ефективності роботи в команді зростає з кожним днем, тому що все більше в різних компаніях світу застосовується не індивідуальна, а саме командна робота. Але мало хто знає, як швидко організувати роботу правильно і ефективно.

Розглянемо причини застосування дієвих методів організації та розвитку правильної співпраці в командах. По-перше, навіть у провідних компаніях може існувати певний психологічний дисбаланс. За результатами досліджень [2], щонайменше 7 з 10 міленіалів коли-небудь відчували вигорання на роботі. Проблема вигорання – не єдина, але дуже красномовна, якщо справа стосується показників. Вигорання веде до низької зацікавленості та ефективності: 48% співробітників, покидають компанію з цих причин. По-друге, Асоціація психологів США стверджують про значне зростання проблем ментального здоров'я у

співробітників за останнє десятиріччя. По-третє, стало поширеним таке явище як дисбаланс між роботою та особистим життям.

Що втрачають компанії, коли командна робота не ефективна? Якщо співробітники втомилися, вигоріли і не ефективно виконують свою роботу, компанія, перш за все, втрачає прибуток. Провідні компанії щорічно витрачають значні суми коштів на закриття питань охорони здоров'я співробітників і пошуку нових, тому що недолік благополуччя викликає добровільну плинність кадрів.

Отже, у правильній організації командної роботи купа переваг, а саме: можливість побудувати міцні відносини між співробітниками для досягнення спільних командних цілей; покращити ефективність, продуктивність і креативність; підвищити відповідальність і моральний дух команди; посилити мотивацію для успішної реалізації проектів.

Одним із методів підвищення ефективності роботи в команді є тренд «Well-being». Все починалося з так званих «фітнес-програм» в США – пільг на зміцнення здоров'я. Сьогодні «Well-being» – це комплексний підхід, що включає не тільки фізичний стан, а й інші аспекти життя працівника. Наприклад, CIPD визначає цю концепцію як «створення середовища для досягнення задоволеності, яка дозволяє співробітнику процвітати і повністю розкривати свій потенціал на благо себе та своєї організації» [2]. При цьому підтримкою благополуччя потрібно займатися постійно, від процесу найму до останнього робочого дня і вибудовувати її так, щоб знайшовся баланс між потребами співробітника та потребами компанії.

Визначено п'ять основних елементів благополуччя людини: кар'єра, здоров'я, фінанси, соціальні зв'язки, громадські зв'язки. Тому потрібно задатися трьома глобальними питаннями при прийнятті рішень з поліпшення добробуту співробітників: які заходи ми приймаємо, щоб забезпечити підтримку персоналу в трьох областях: фінансовій, фізичній та психологічній; наш підхід при цьому спрямований на симптоматичне усунення проблем з благополуччям, чи у нього є стратегія; що ще ми можемо застосувати, щоб поліпшити добробут особистостей, лідерів, команд і організації в цілому?

Також, є інший підхід до підвищення ефективності командної роботи, в основу якого покладені 5 чинників успішної команди.

Перший чинник – психологічна безпека. У психологічно безпечному середовищі співробітники не бояться припускати помилок, отже, експериментують і починають розкривати свій потенціал. У перспективі це приводить команду до визначних результатів. Якщо в команді є атмосфера психологічної безпеки, то виконуються дві умови: перша –

члени команди на нарадах говорять приблизно у рівну кількість часу(скажімо, якщо у команді 4 особи, то кожен із них на годинній зустрічі говоритиме близько 15 хвилин) ; друга – активне слухання (співробітники уважно слухають один одного та не перебивають).

Другий чинник – надійність, що є взаємозв'язком членів команди один з одним. Це означає, що члени команди домагаються виконання роботи у строк відповідно до високих вимог якості і вони впевнені, що можуть покластися один на одного.

Третій чинник – це структура та чіткість – тобто члени команди мають чітко встановлені функції, плани та завдання, через це кожен знає свою зону відповідальності, “правила гри” та роль у команді[1].

Четвертий чинник – свідомість(кожен учасник команди знає відповідь на запитання, чому він працює тут). Як результат – робота має велике персональне значення кожного члена команди, а розуміння своєї цінності та сенсу діяльності живить людину енергією, дозволяючи викладатися на повну потужність.

П'ятий чинник – вплив, що визначається тим, що члени команди відчувають важливість своєї роботи та свій внесок у здійснювані зміни. Коли кожен співробітник розуміє свій внесок у спільну справу, команда працює як чітко налагоджений механізм, члени команди починають доповнювати один одного та надавати допомогу та підтримку у нестандартних ситуаціях.

Отже, який обрати метод підвищення ефективності та продуктивності командної роботи – справа кожного окремого бізнесу, але безумовно, це є значною необхідністю як для компаній, так і для працюючих працівників, так і для потенційних.

### **Перелік використаних джерел**

1. Google Project Aristotle – 5 Keys to Team Success. URL: <https://www.techtarget.com/searchitoperations/blog/Modern-Operations-Apps-Stacks/Google-Project-Aristotle-5-Keys-to-Team-Success> (дата звернення: 23.10.2024)
2. Культура Well-being: навіщо та як управляти благополуччям співробітників. URL : <https://peopleforce.io/uk/blog/kultura-well-being> (дата звернення : 23.10.2024)

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-210>

**IMPROVING THE SYSTEM OF SEARCH, OPTIMIZATION  
AND TECHNICAL DECISION-MAKING – VALUE ENGINEERING  
FOR THE CREATION OF AN OPTIMAL BUDGET  
AND SCHEDULE FOR THE IMPLEMENTATION  
OF LARGE-SCALE INDUSTRIAL PROJECTS**

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОШУКУ, ОПТИМІЗАЦІЇ  
ТА ПРИЙНЯТТЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ – VALUE  
ENGINEERING ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО  
БЮДЖЕТУ І ГРАФІКУ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ МАСШТАБНИХ  
ПРОМИСЛОВИХ ПРОЄКТІВ**

**Bespalov K.I.,**

*student (group 073-23-1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Беспалов К.І.,**

*студент гр. 073-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Gonchar V.V.,**

*DSc (Economics), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Гончар В.В.,**

*д.е.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Інжиніринг вартості (VALUE ENGINEERING) як методологія і процес, спрямований на оптимізацію діяльності та мінімізацію витрат і ресурсів, успішно застосовується в промисловому секторі і заохочує інші галузі до його впровадження. У сучасному світі, коли компанії стикаються зі зростаючою конкуренцією, мінливими ринковими умовами та обмеженими ресурсами, впровадження VE стало не лише важливим способом зниження витрат, але й засобом підвищення конкурентоспроможності компанії.

Актуальність процедури VALUE ENGINEERING (VE) у інжинірингових компаніях визначається здатністю його результатів оптимізувати бюджет та графік, підвищити ефективність і якість та знизити ризики, які можуть виникнути при реалізації, особливо для реалізації масштабних промислових проєктів, враховуючи їх складність. У сучасних умовах, коли компанія стикається зі зростаючою конкуренцією, мінливі

ринковою кон'юнктурою та обмеженими ресурсами, впровадження VE стає не тільки важливим засобом скорочення витрат, але й засобом підвищення конкурентоспроможності компанії.

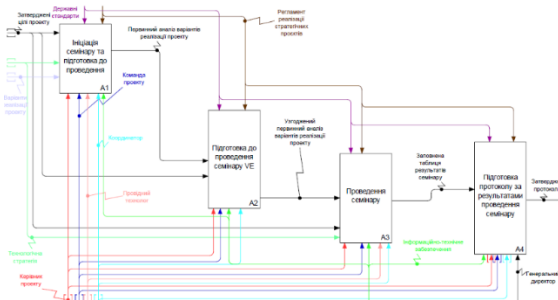
Метою дослідження є формування оптимального бюджету і графіку проекту при проведенні сесій VALUE ENGINEERING, шляхом внесення змін до самої процедури (регламенту) та створення і активне використання бази даних прийнятих рішень.

Об'єктом дослідження є система управління та прийняття технічних рішень VALUE ENGINEERING.

Предметом дослідження є методи, інструменти та критерії VALUE ENGINEERING, що використовується для оптимізації та прийняття технічних рішень при реалізації масштабних промислових проектів у інжинірингових компаніях.

Дослідження вирішує наступні завдання:

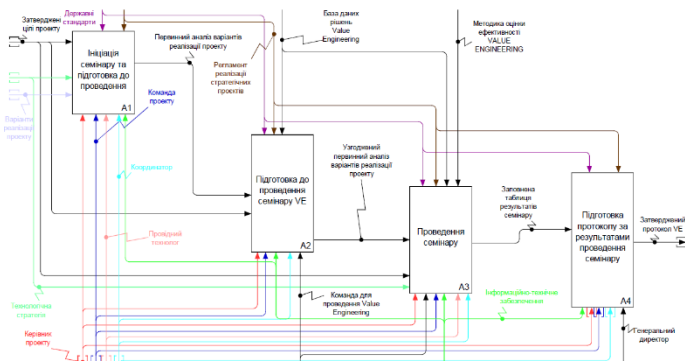
1. Аналіз поточної методології проведення VALUE ENGINEERING та формування бюджету і графіку проекту (рис. 1).
2. Виявлення критеріїв, які мають найбільший вплив на результати VALUE ENGINEERING.
3. Розробка методики уніфікації технічних рішень задля їх застосування у різних проектах.
4. Розробка методики формування команд VE з формуванням переліку компетенцій і навичок їх учасників.
5. Розробка методики оцінки ефективності VALUE ENGINEERING та формування оптимального бюджету і графіку при реалізації масштабних промислових проектів.



**Рис. 1. Декомпозиція контекстної діаграми формалізації і опису поточного стану бізнес-процесу «Value Engineering» (т.зв.модель «AS IS» – «ЯК Є»), перший рівень A0**

Сутність VE демонструє його універсальність і здатність до застосування в різних галузях. Підхід базується на функціональному аналізі об'єкту з метою підвищення його ефективності без шкоди для якості, що є одним із найважливіших критеріїв. VE охоплює різні етапи життєвого циклу проекту забезпечує послідовний процес прийняття рішень. Використання методів FAST і функціонального аналізу, підвищує ефективність проекту.

Цінність VE у великих промислових проектах полягає в оптимізації витрат, скороченні термінів виконання та підвищенні загальної якості проекту. З огляду на складність і тривалість таких проектів, VE є важливим інструментом для досягнення економічних і технічних переваг. Проте, слід зазначити, що найбільшу ефективність ми отримуємо при проведенні сесій VE на ранніх етапах проекту.



**Рис. 2. Декомпозиція контекстної діаграми формалізації і опису поточного стану бізнес-процесу «Value Engineering» (т.зв. модель «ТО – VE»), перший рівень A0**

Також у роботі розглянуто управління ризиками, оскільки це є важливим елементом процесу VE. Адекватний аналіз і оцінка ризиків при виборі технічних рішень може допомогти уникнути перевищення бюджету і термінів виконання проекту; методи управління ризиками у VE пропонують можливості для зменшення невизначеності і підвищення впевненості в результатах.

У дослідженні було розроблено контекстну діаграму формалізації і опису поточного стану бізнес-процесу «Value Engineering» (рис. 2). Дана

діаграма охоплює основні елементи VE та містить нові, які допоможуть отримати оптимальний бюджет та графік проекту, а саме:

- базу даних прийнятих технічних рішень сесій VALUE ENGINEERING;
- формування команди VE;
- методика оцінки рішень (варіантів), які розглядаються на сесіях VALUE ENGINEERING.

У підсумку дослідження підтверджує, що проведення VE є ефективним інструментом оптимізації бюджету та графіку у масштабних проєктах, які потребують точного планування, контролю витрат і прийняття технічних рішень. Можна зробити висновок, що при системному застосовуванні VE дозволить досягти значних результатів.

#### **Перелік використаних джерел**

1. Miles, L. D. Techniques of value analysis and engineering. Miles Value Foundation. 2015.
2. Науменкова С. В. Проктне фінансування в умовах реалізації “Ukraine facility plan” / С. В. Науменкова, С. В. Міщенко, Є. О. Тіщенко. *Економічний простір*. 2024. № 191. С. 142-153.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-211>

### **A MIXED STRATEGY FOR PLANNING THE MAINTENANCE OF MINING DUMP TRUCKS ADAPTED TO THEIR INDIVIDUAL TECHNICAL CONDITION AND OPERATING CONDITIONS**

### **ЗМІШАНА СТРАТЕГІЯ ПЛАНУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБСЛУГОВУВАНЬ КАР’ЄРНИХ САМОСКИДІВ АДАПТОВАНА ДО ЇХ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**Hashytskyi S.A.,**  
*student (group 073-23-1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Гашицький С.А.,**  
*студент гр. 073-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Технічне обслуговування (ТО) транспортних засобів є ключовим елементом забезпечення надійної та безпечної експлуатації автомобільного парку. Процес планування ТО базується на нормативно

технічній документації та рекомендаціях заводів-виробників техніки з визначеною періодичністю. Вказана система планування не враховує індивідуальних технічних характеристик транспортних засобів, умов їх експлуатації та фактичного технічного стану основних базових вузлів та агрегатів. Такий підхід призводить до значних відхилень фактичних строків та об'ємів виконання ТО від запланованих. Неточність планування негативно відображається на ланцюжках поставок запасних частин та матеріалів, неконтрольованому збільшенню або зменшенню складських запасів матеріалів, неефективному використанню людських та фінансових ресурсів підприємства. З іншого боку обмеженість фінансових, матеріальних та людських ресурсів вимагає їх ефективного використання, що в першу чергу залежить від точності планування робіт в майбутніх періодах.

Слід зазначити, що планування на підприємствах, в тому числі і гірничо-видобувних, відноситься до календарного (фінансування, постачання матеріалів, графік виходу працівників, тощо), а технічне обслуговування транспортних засобів виконується через регламентований період напрацювання в мотогодинах. Тобто планування виконується в різних одиницях виміру, пов'язати які між собою можливо лише через середньодобове напрацювання техніки яке не є сталою величиною, а може залежати від багатьох чинників, таких як графік роботи самоскида, умов експлуатації та технічного стану транспортного засобу.

Одним з напрямків удосконалення зазначеного бізнес процесу на гірничо-видобувних підприємствах є впровадження індивідуального підходу до календарного планування ТО кожного транспортного засобу який буде поєднувати планування робіт по напрацюванню та технічному стану техніки. А саме при визначенні графіка ТО необхідно виконувати корегування середньодобового напрацювання:

$$D = 250 \text{ мотогодин} / t_{\text{іср.д.}}, \quad (1)$$

де  $D$  – періодичність виконання ТО, днів;

250 – регламентована періодичність виконання ТО;

$t_{\text{іср.д.}}$  – середньодобове напрацювання  $i$ -го транспортного засобу,  $i=1, N$

$$t_{\text{іср.д.}} = 11,5 * 2 * (1 - \sum_1^K p_{ik}), \quad (2)$$

де 11,5 – нормативний робочий час самоскида за зміну;

2 – кількість робочих змін на добу;

$\sum_1^K p_{ik}$  – сума ймовірності зупинки самоскида по причині виходу з ладу вузлів та агрегатів;

$K$  – кількість виділених контрольних факторів впливу на технічний стан транспортних засобів;

$$p_{ik} = k_{1ik} * k_{2ik} * \left( \frac{Q_{ik}}{\sum_1^K Q_{ik}} \right), \quad (3)$$

де  $p_{ik}$  – ймовірність виходу з ладу вузла або агрегату;

$k_{1ik}$  – коефіцієнт нормативного напрацювання вузла або агрегату до капітального ремонту або заміни (0,15 при напрацюванні < 50%; 0,5 при напрацюванні від 50% до 100%; 0,85 при напрацюванні > 100%);

$k_{2ik}$  – коефіцієнт фактичного технічного стану (0,15 без зауважень або зелена зона аналізу оливи; 0,5 задовільний технічний стан або жовта зона аналізу оливи; 0,85 незадовільний технічний стан або червона зона аналізу оливи);

$\left( \frac{Q_{ik}}{\sum_1^K Q_{ik}} \right)$  – коефіцієнт складності ремонтно-відновлювальних робіт (відношення годин простою самоскида при ремонті вузла до загального часу простою самоскида при ремонті всіх систем, вузлів та агрегатів).

Використовуючи наведений метод корегування розрахована календарна періодичність технічних обслуговувань кар’єрних самоскидів за трьома базовими сценаріями:

1 сценарій – самоскид у відмінному технічному стані (напрацювання до капітального ремонту (КР) < 50% зауваження по технічному стану вузлів та агрегатів відсутні);

2 сценарій – самоскид у задовільному технічному стані (напрацювання до капітального ремонту (КР) > 50% та < 100%, технічний стан вузлів та агрегатів задовільний);

3 сценарій – самоскид у незадовільному технічному стані (напрацювання до капітального ремонту (КР) > 100%, технічний стан вузлів та агрегатів незадовільний).

Результати виконаних розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1

**Календарна періодичність ТО за базовими сценаріями**

№ п/п	Сценарій	Середньо-добове напрацювання, мотогодин	Періодичність виконання ТО, днів
1	Напрацювання вузлів до КР або заміни < 50%, зауваження по технічному стану відсутні	22,5	11
2	Напрацювання вузлів до КР або заміни < 100%, технічний стан задовільний)	17,3	14
3	Напрацювання вузлів до КР або заміни > 100%, технічний стан незадовільний	6,4	39

Як видно з наведеної таблиці календарна періодичність виконання ТО кар'єрних самоскидів лежить у межах від 11 до 39 днів в залежності від індивідуального технічного стану кожної одиниці техніки.

Висновок. Існуюча на гірничо-видобувних підприємствах система планування технічних обслуговувань, що базується на загальноприйнятих підходах викладених в нормативно-технічній документації є недосконалою що призводить до значної неточності планування та неефективного розподілу ресурсів. Для підвищення точності планування необхідно впровадження змішаної стратегії, яка поєднує в собі планування робіт по напрацюванню, технічному стану техніки та ґрунтується на статистичних даних та експертних оцінках. Запропонований підхід до визначення календарної періодичності технічних обслуговувань по кожному самоскиду відповідає критеріям змішаної стратегії, удосконалює процес планування та підвищує його точність.

### **Перелік використаних джерел**

1. Про затвердження Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту: наказ Міністерства Транспортну України від 30.03.1998р N 102 Дата оновлення: 30.03.1998. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0268-98#Text> (дата звернення: 05.03.2024).
2. Павленко Г.І., Козакевич О.І., Богомолів В.С. Положення про технічне обслуговування, діагностування та ремонту кар'єрних самоскидів БілАЗ / за заг. ред. А.Н. Єгорова. Жодіно: ВАТ БілАЗ, 2004. 46с.
3. Керівництво по експлуатації та технічному обслуговуванню самоскидів CAT 784C та CAT 785C: посібник, Caterpillar Inc, 2016. 298 с.
4. Єгоров А.Н., Павленко Г.І., Лукашевич М.А., Чорний В.Г., Лукашев Ю.К., Безугленко С.Г., Бондарев І.Ф. Кар'єрна техніка ВО «БілАЗ»: довідник / за ред. П.Л. Марієва, К.Ю. Аністратова. Мінск : ООО «КА технокомплект», 2005. 448 с.
5. Вигоднер І.В., Білоусова Т.П., Ляхович Т.П. Теорія ймовірностей та математична статистика: підручник. Запоріжжя: Гельветика, 2019. 336с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-212>

**RESEARCH OF THE BUSINESS PROCESS OF SUPPLY  
ORGANISATION AND IDENTIFICATION OF SHORTCOMINGS  
IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT**

**ДОСЛІДЖЕННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОСТАВОК  
ТА ВИЯВЛЕННЯ НЕДОЛІКІВ В УПРАВЛІННІ  
ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАНЬ**

**Dzhuman L.O.,**

*Student (group 051-23-1м),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

*Scientific supervisor: **Latysheva O.V.,**  
PhD (Economics), LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Джуман Л.О.,**

*студент гр. 051-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

*Науковий керівник: **Латишева О.В.,**  
к.е.н., ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Проблематикою організації бізнесом поставок у ланцюгу «замовлення потреби-логістика-постачання» доволі часто є низка недоліків, що знижують ефективність та надійність цього процесу. Існуючі методи управління закупівлями на підприємствах часто не забезпечують потрібну гнучкість і адаптивність до нових умов стрімкого технологічного розвитку та вимог ринку. Недосконалі автоматизовані системи управління на всьому ланцюгу матеріального потоку на ключових етапах процесу «замовлення потреби-логістика-постачання» не дозволяють своєчасно виявляти й усувати проблеми забезпечення ритмічності виробництва. Це приводить до затримок поставок Товарно-матеріальних цінностей (надалі – ТМЦ), збільшенню витрат, не задоволенню потреб бізнесу та кінцевого споживача, знижує операційну ефективність підприємства. Серед причин наявних проблем варто виділити брак прозорості та інформативності через недостатню цифровізацію логістичних процесів, що в свою чергу спотворює об'єктивну оцінку ефективності роботи і обмежує можливості оптимізації процесу закупівель, збереження та постачання ТМЦ в цілому.

Таким чином, для кращого забезпечення ефективності, прозорості та надійності організації процесів у ланцюгу «замовлення потреби-логістика-постачання» компанії мають запроваджувати кращі світові

практики та підходи щодо діджиталізації відповідних процесів та систем.

*Мета дослідження* полягає у виявленні поточного стану та можливостей удосконалення процесів організації поставок у ланцюжку «замовлення потреби-логістика-постачання» в умовах підприємств гірничо-металургійного комплексу (на прикладі Активів групи ТОВ «МЕТІНВЕСТ ХОЛДИНГ») та ТОВ «МЕТІНВЕСТ БІЗНЕС СЕРВІС».

Фокус уваги на пошук напрямів оптимізації, забезпечення стабільності, ритмічності поставок, що в загальному підсумку сприятиме підвищенню операційної ефективності та задоволення кінцевих споживачів.

На основі аналізу даних з доступних джерел інформації [1-2 та ін.] щодо сучасних систем управління процесом закупівель, можна виділити найкращі практики для управління процесами ланцюгів поставок, відбору постачальників, формування дієвих процедур комунікації та співпраці з постачальниками з врахуванням існуючих ризиків, викликів, вимог бізнес-середовища, а також найкращих практик, які застосовують світові лідери у своїй бізнес-процесах. Деякі світові компанії [1] вже мають успішно функціонуючі системи автоматизації закупівель, наприклад:

Siemens використовує платформу «SAP Ariba» для автоматизації своїх закупівельних процесів, що дозволяє ефективно управляти замовленнями, контрактами та співпрацювати з постачальниками в режимі реального часу.

Amazon в рамках власних операцій застосовує «Amazon Business», автоматизовану платформу для корпоративних закупівель, яка дозволяє бізнесам здійснювати онлайн-замовлення з тисяч постачальників, контролювати витрати і стандартизувати процеси закупівлі.

Procter & Gamble (P&G) використовує різноманітні автоматизовані платформи, зокрема «Coupa», які спрощують весь ланцюг закупівель, дозволяючи проводити електронні тендери та знижуючи ручні операції завдяки інтеграції всіх процесів у єдиній системі.

IBM також впровадили систему «Coupa» для автоматизації всіх етапів закупівель, включаючи управління витратами та інтеграцію з постачальниками.

Coca-Cola впровадила програмне забезпечення «Oracle Procurement Cloud», що дозволяє контролювати витрати, автоматизувати замовлення ведучи точні записи та покращити ефективність взаємодії з постачальниками [1].

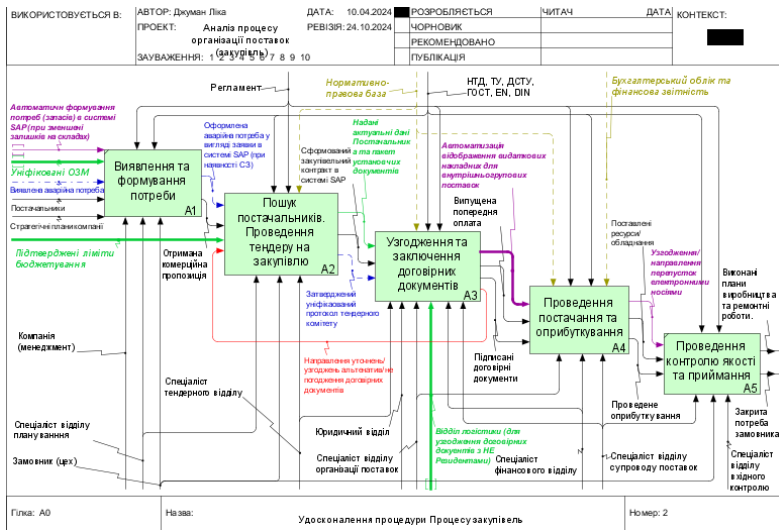
На основі додатково проведеного дослідження внутрішньої системи управління організацією поставок в умовах підприємств гірничо-металургійного комплексу, аналізу наукових джерел та внутрішніх даних підприємства ТОВ «МЕТІНВЕСТ БІЗНЕС СЕРВІС», можна констатувати, що управління закупівельними процесами є одним із ключових елементів, який впливає на стале функціонування бізнесу. Під час аналізу можливостей удосконалення бізнес-процесу організації поставок (закупівель) особливу увагу було приділено існуючій процедурі закупівель компанії ТОВ «МЕТІНВЕСТ БІЗНЕС СЕРВІС».

В процесі аналізу поточної стану функціонування бізнес-процесу організації поставок (закупівель) та виявлених вузьких місць було побудовано модель «ТО БЕ» («ЯК БУДЕ»), що дозволяє візуалізувати напрями вдосконалення (рис. 1).

Оптимізація поточної процедури закупівель (див. рис.1) може передбачати наступні кроки:

1) Вдосконалення процедури закупівель, повна або на перших етапах часткова автоматизація процесів, насамперед для розподілу ТМЦ по значущості (згідно методики АВС-XYZ – аналізу) та з урахуванням економічно виправданих об'ємів замовлення («ЕОQ»), систем «Just-In-Time» тощо.

2) Внесення корегувань в етапи проведення процесу закупівель через вдосконалення процедури формування потреби; конкретизації зон відповідальності та обов'язків функціональних підрозділів на кожному етапі; розробці та впровадженні нових автоматизованих систем (створення оновлених регламентів, що визначають процедуру закупівель; проведення навчання та тренінгів для співробітників, які працюють у відповідних підрозділах).



**Рис. 2. Діаграма декомпозиції удосконаленого процесу в нотатії IDEF0 ( модель «TO BE» побудована автором)\***

\*Примітка: запропоновані корегування : зеленим кольором – значні зміни, фіолетовим кольором – запропоновані автоматизовані системи, синім кольором – уточнення необхідної додатково документації та регламентів, червоним кольором – уточнені зони відповідальності

Представлена діаграма в нотатії IDEF0 (див. рис.1) наочно демонструє зони і рівень удосконалень поточного процесу організації поставок. Отже впровадження запропонованої оновленої процедури закупівель повинна передбачати підготовку звітів про покращення процесу, систематичний моніторинг її ефективності, аналіз досягнутих результатів та перешкод, а також коригування на основі отриманих результатів і наданих рекомендацій фахівців-практиків для оптимізації процедури закупівель і її подальшого вдосконалення.

**Висновки.** Проведений аналіз дозволив виявити, що одним з основних напрямів удосконалення бізнес-процесів, систем їх організації та управління є автоматизація (діджиталізація) закупівельних процесів. Використання спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє оптимізувати всі етапи закупівельного циклу (від пошуку постачальників до контролю за поставками), що в свою чергу допомагає компаніям мінімізувати помилки внаслідок «людського фактору»,

пришвидшити час, знизити витрати і покращити прозорість операцій виконання закупівель.

Вважаємо, що запропонована процедура закупівель через удосконалення програмного забезпечення в умовах підприємств гірничо-металургійного комплексу (Активів групи ТОВ «МЕТІНВЕСТ ХОЛДИНГ») та ТОВ «МЕТІНВЕСТ БІЗНЕС СЕРВІС». здатна забезпечити збільшення ефективності за рахунок чіткого розподілення зон відповідальності; зменшення трудовитрат; уніфікації номенклатури, автоматизації процесів формування потреб від замовника; зменшення помилок в розрахунку потреби; підвищення швидкості виконання замовлень та обробки заявок; зниження ризиків вимушених простоїв виробництва, у т.ч. при форс-мажорних обставинах.

### **Перелік використаних джерел**

1. Управління ризиками в закупівлях: заходи для безпечного та надійного ланцюга постачання, House of Knowledge, URL: <https://k-house.in.ua/upravlinnya-ryzykamy-zakupivel-zahody-dlya-bezpechnogo-ta-nadijnogo-lanczyuga-postachannya/>

2. Top 10 Procurement Software Vendors, Market Size and Market Forecast 2023-2028. URL: <https://www.appsruntheworld.com/top-10-procurement-software-vendors-and-market-forecast>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-213>

## **MODERN TOOLS FOR PREDICTIVE BUSINESS ANALYTICS**

### **СУЧАСНІ ІНСТРУМЕНТИ ПРОГНОЗНОЇ БІЗНЕС-АНАЛІТИКИ**

**Zherlitsyn D.M.,**  
*DSc (Economics), Professor,*  
*LLC "Technical university*  
*"Metinvest polytechnic",*  
*Zaporizhzhia, Ukraine*

**Жерліцин Д.М.,**  
*д.е.н., професор,*  
*ТОВ «Технічний університет*  
*«Метінвест політехніка»,*  
*м. Запоріжжя, Україна*

The increasing need for analytical support in managerial decision-making demands continuous enhancement of predictive analytics tools to process, interpret, and visualize large datasets. These technologies enable tracking trends within the business environment, assessing potential risks, and making

more informed decisions. Substantial contributions to identifying these trends have been made in recent years, especially in forecasting approaches within data analysis, machine learning, and neural networks [5].

Among the basic predictive business analytics methods are interactive visualization tools such as Power BI and programming languages like R and Python, which allow for the implementation of complex analytical scenarios. Power BI provides the capability for seamless integration with other Microsoft products, offering visual data representation in dashboards. This tool is considered highly user-friendly due to its intuitive interface and support for interactive reports, which significantly enhances data accessibility for decision-making. However, in the world of big data, the Power BI tools have become restricted. In contrast, R and Python are geared toward more in-depth analytical processing. Specifically, they offer functionality for time series analysis, classification, regression, and the development of machine-learning algorithms. These tools provide flexibility for building unique predictive models and are widely used for analyzing business trends. Python's advantage includes integration with TensorFlow, PyTorch, and other tools for developing neural networks, allowing work with large datasets and addressing complex forecasting tasks [2]. According to [1; 4], simulation and machine learning tools of predictive business process analysis completion times are more accurate. Specifically, tools based on classification methods have been showing better results in terms of precision, which is crucial for business processes that require strict adherence to deadlines. For complex and systemically related problems, mathematical and computer simulation is an integral attribute of practical solutions.

Another effective IT tool for analysis is Orange Data Mining (<https://orangedatamining.com/>), which supports visual programming and enables the rapid creation of analytical scenarios without deep programming knowledge. This tool, along with other similar solutions, provides a bridge between the capabilities of analytical programming languages and classic office programs. This platform allows for integration with Python, extending possibilities for analysts and providing capabilities for convenient visual analysis, data validation and preparation, clustering, and other methods for preliminary data exploration.

Interpretable machine learning is also actively used to deliver forecasts and explanations, contributing to strategic decision-making. For instance, the study by [6] demonstrates using interpretable models for predicting digital transformation, enabling reliable forecasts and insights into the factors most influencing outcomes. Thus, interpretable machine learning technologies

build trust in models and facilitate their integration into business environments.

Based on all the studies presented, modern predictive analytics tools, including Power BI, R, Python, and Orange, machine learning methods, and neural networks, are critically important for business analysis. They enable organizations to adapt business models to dynamic market conditions and create a foundation for data-driven strategic decisions. On the other hand, the complications of methods and approaches to predictive analytics are solved by using simplified visual methods and IDE programming languages (Python, R).

### **Bibliography**

1. Aalikhani R., Fathian M., Rasouli M. R. Comparative analysis of classification-based and regression-based predictive process monitoring models for accurate and time-efficient remaining time prediction // IEEE Access. 2024. Vol. 12. P. 67063-67082. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3397185.

2. Gooljar V., Issa T., Hardin-Ramanan S., Abu-Salih B. Sentiment-based predictive models for online purchases in the era of marketing 5.0: A systematic review // Journal of Big Data. 2024. Vol. 11. Article 107. DOI: 10.1186/s40537-024-00947-0.

3. Jiménez-Partearroyo M., Medina-López A., Rana S. Business intelligence and business analytics in tourism: Insights through Gioia methodology // International Entrepreneurship and Management Journal. 2024. Vol. 20. P. 2287–2321. DOI: 10.1007/s11365-024-00973-7.

4. Serhiiienko O., Mashchenko M., Samorodov B., Babichev A., Klimenko O. Simulation and Optimisation of Business Process Management: Case Study of IT Company // Business Systems Research. 2024. Vol. 15, No. 1. P. 67-90. DOI: 10.2478/bsrj-2024-0004.

5. Yunita P. I., Salim U., Rofiaty, Indrawati N. K. Resilience in business: A bibliometric analysis // Journal of Scientometric Research. 2024. Vol. 13, No. 2. P. 333-348. DOI: 10.5530/jscires.13.2.27.

6. Zhu C., Liu X., Chen D. Prediction of digital transformation of manufacturing industry based on interpretable machine learning // PLoS ONE. 2024. Vol. 19, No. 3. e0299147. DOI: 10.1371/journal.pone.0299147.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-214>

**ANALYSIS AND VISUALIZATION OF EXCHANGE RATE  
DYNAMICS USING POWER BI TO IMPROVE  
DECISION-MAKING EFFICIENCY**

**АНАЛІЗ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДИНАМІКИ ВАЛЮТНОГО КУРСУ  
З ВИКОРИСТАННЯМ POWER BI ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ  
ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

**Kostenko I.S.,**

*PhD in Economics,  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Костенко І.С.,**

*доктор філософії за спеціальністю  
«Економіка», доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Andreieva K.S.,**

*Student (group 051-22-1),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Андреева К.С.,**

*здобувачка вищої освіти  
(група 051-22-1),  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Валютний курс є одним із ключових економічних індикаторів, який визначає рівень стабільності національної економіки, впливає на зовнішню торгівлю, рівень інфляції, ціни на імпортні товари та купівельну спроможність громадян. Для України, що стикається з численними економічними викликами, включно з інфляційними ризиками, зміни валютного курсу мають важливе значення для уряду, бізнесу та населення. Інформація про курс валют відіграє важливу роль для гірничо-металургійного комплексу, оскільки валютні коливання суттєво впливають на вартість імпортного обладнання, технологій та експорту продукції, що є основою доходів галузі. Ефективність прийняття рішень значною мірою залежить від швидкості проведення потрібних розрахунків та оперативності оновлення ключових показників діяльності.

Microsoft Power BI є потужним інструментом для аналізу та візуалізації великих обсягів даних, включно з економічними показниками, та допомагає спростити процеси обробки інформації, зокрема, і про динаміку валютного курсу. Серед переваг цієї програми: розширений функціонал візуалізації та побудова дашбордів на основі семантичних моделей, інтеграція понад 100 різноманітних конекторів

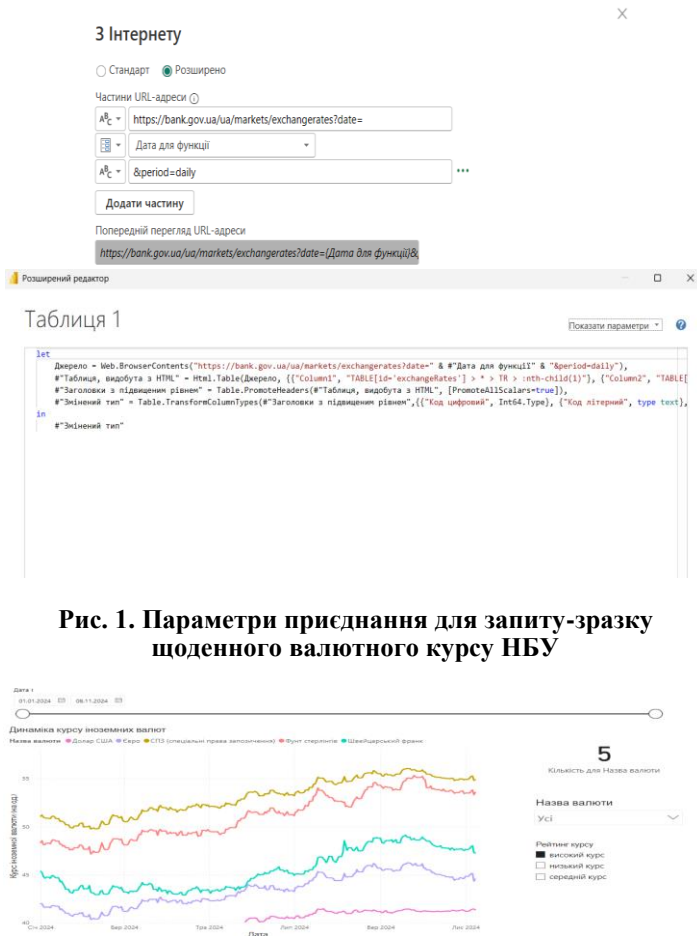
для джерел даних, можливість обробки великих масивів даних та постійного їх оновлення без додаткової щоденної рутинної роботи тощо.

Існують численні наукові дослідження присвячені темі валютного курсу та його впливу на економіку. Серед вітчизняних науковців, наприклад, А.В. Гаврікова, А.О. Луценко, Н. Шапран, та ін. досліджують питання динаміки валютного курсу України в умовах війни. Н.В. Даценко, П. В. Проноза, С. В. Лелюк розглядають Power BI як інструмент в системі підтримки прийняття антикризових фінансових рішень. Фундаментальні дослідження щодо використання фінансових інструментів мають такі науковці, як Д.М. Жерліцин [1]. *Метою даного дослідження є дослідження переваг застосування Power BI для швидкого та ефективного аналізу валютних коливань.*

Інформацію та статистику про валютний курс, зокрема історичні та поточні дані, можна отримати з офіційного сайту Національного банку України (НБУ) та інших міжнародних фінансових порталів, таких як Trading Economics і Investing.com та інших численних фінансово-аналітичних комерційних сайтів. На сьогодні валютний курс гривні до основних валют, таких як долар США та євро, зазнає коливань через різні фактори, включно з економічними і політичними чинниками. НБУ щоденно публікує офіційні курси валют, забезпечуючи прозорість у цій сфері. Висвітлено дані про понад 30 іноземних валют [3].

Для налаштування панелі моніторингу валютних коливань використано щоденні дані НБУ. Для завантаження даних в Power BI з Інтернету використано функції розширеного налаштування щодо доступу до джерела. Створено параметр «Дата». Вписавши потрібну дату у цю поле пошуку, можна отримати таблицю з курсами валют саме на цю конкретну дату, не створюючи кожного разу знову приєднання до сайту, і не копіюючи дані.

Для формування історичних даних з автоматичним накопиченням створено спеціальну функцію на основі запиту-зразку, та сформовану таблицю з переліком дат, де стартовою є 01.01.2024 р., а кінцева дата вказана за допомогою формули – `Number.From(Date.From(DateTime.LocalNow()))`. Заповнена таблиця на початок листопада містить понад 5 тис. записів, що вказує на великі об'єми даних та висопродуктивність ПЗ для виконання поставлених задач моніторингу коливань. Додатково валюти проранжовано в умовному стовбці – Рейтинг курсу, де налаштовуються позиції курсу валюти в залежності від його поточного показника.



**Рис. 2. Стартова панель моніторингу валютних коливань Power BI**

Таким чином Power BI має значні переваги для швидкої візуалізації валютного курсу, що допомагає користувачам своєчасно реагувати на ринкові коливання. Серед переваг використання Power BI час оновлення та обробки даних: Power BI дозволяє підключати джерела даних у режимі реального часу або з мінімальною затримкою. Це особливо важливо для валютних курсів, які часто змінюються під впливом ринкових новин, економічних показників та політичних подій.

Користувачі можуть бачити оновлення миттєво, що дозволяє швидко реагувати на зміни. Також можна комбінувати дані з різних джерел, що надає глибокий аналіз ринкових тенденцій. Є можливість використання API. Наявна інтерактивність і можливість налаштування. Інтерактивні графіки та діаграми дозволяють швидко переходити між часовими періодами, валютними парами та іншими важливими параметрами, що допомагає краще зрозуміти зміни. Існує ряд інструментів для виявлення трендів і аномалій в Power BI, які допомагають визначити тривалі зміни або відхилення від норми, що може бути сигналом до прийняття рішень. Наприклад, користувачі можуть налаштувати автоматичне попередження при досягненні певного рівня курсу. Інтеграція з мовами Python та R дозволяє здійснювати більш складний аналіз і розширює можливості стандартних функцій Power BI [2].

#### **Перелік використаних джерел**

1. Google Scholar. URL: [https://scholar.google.com/scholar?hl=uk&as\\_sdt=0%2C5&q=%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81+%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D1%82+%22power+bi%22&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=uk&as_sdt=0%2C5&q=%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81+%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D1%82+%22power+bi%22&btnG=).
2. Документація Power BI. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/power-bi/>.
3. Офіційний курс гривні щодо іноземних валют. URL: <https://bank.gov.ua/ua/markets/exchangerates>.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-215>

### **OBSTACLES TO THE IMPLEMENTATION OF ESG – SUSTAINABLE DEVELOPMENT PROGRAMS AND PROJECTS IN UKRAINE AND THE WORLD**

#### **ПЕРЕШКОДИ ВПРОВАДЖЕННЯ ESG – ПРОГРАМ ТА ПРОЄКТІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ**

**Latysheva O.V.,**  
*PhD (Economics),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Латишева О.В.,**  
*к.е.н.,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У сучасному світі концепція сталого розвитку набуває все більшого значення, оскільки глобальні виклики, такі як зміна клімату, виснаження природних ресурсів та соціальна нерівність, вимагають нових підходів

до ведення бізнесу. В Україні внаслідок повномасштабних бойових дій вже зараз підприємства (особливо ті, які опинилися в епіцентрі воєнних дій) закриваються або намагаються зробити релокацію в більш безпечні (наскільки це можливо) регіони. Проте вже зараз стає питання поствоєнного відновлення економіки та територіальних громад України. На цьому нелегкому шляху відродження України в умовах обмежених ресурсів та величезних викликів для бізнесу необхідно вже зараз починати планувати і втілювати в життя принципово нові підходи відбудови реального сектору економіки. Саме тому будівництва нових заводів насамперед на засадах циркулярної економіки і ощадливого виробництва в рамках набору компонент *ESG* – стратегії (від англ. – *Environmental, Social and Governance*), що вимірюють вплив бізнесу на суспільство, навколишнє середовище, прозорість та підзвітність корпоративного управління, при державній підтримці може стати шансом забезпечення довгострокової стабільності та конкурентоспроможності підприємств.

Застосування методів, технологій та процедур проектного менеджменту в контексті концепцій «сталого розвитку» та компонент стандартів «*ESG* може бути дуже різноманітним, а їх успіх або невдача залежить від специфіки громад, галузей, підприємств, їх стійкості, можливостей залучення додаткового фінансування донорами та інших факторів.

Проте важливо пам'ятати, що існує кілька причин, на наш погляд, чому підприємству не вдається забезпечити досягнення запланованого результату:

1) Підприємство вимушено зосереджуватися на поточному зниженні витрат, що зумовлює зниження якісних характеристик та рівня екологічності продукції, а у довгостроковій перспективі може призвести до зменшення попиту на ринку, втрати виторгу, зниження прибутковості та конкурентоспроможності.

2) Підприємство не звертає уваги на важливість комунікації та взаємодії між різними відділами в компанії та зі стейкхолдерами. Тому необхідно не лише забезпечувати ефективну систему взаємодії між підрозділами менеджменту, фінансів, виробництва, маркетингу, логістики та збуту, які потрібно між собою добре скоординувати, щоб забезпечити підтримку продукції на ринку та вчасно реагувати на зміни в бізнес-середовищі, а також співпрацювати зі стейкхолдерами (державними органами влади, громадами, контрагентами тощо) для визначення їх очікувань, вимог та потреб.

3) Якщо підприємство не враховує вплив змін в одному бізнес-процесі на інші процеси в компанії, на навколишнє середовище, соціальні аспекти, то це може призвести до неочікуваних наслідків і погіршення кінцевого результату. Технології також постійно розвиваються, тому підприємства повинні бути готові до внесення змін у свою діяльність. Перевірка ефективності та результативності процесів повинна проводитись регулярно, щоб виявляти проблеми та знаходити шляхи для їх вирішення. Наприклад, скорочення часу переналадки обладнання не завжди одразу призводить до покращення фінансових результатів, хоча з плином часу це може зменшити час простою обладнання та підвищити продуктивність виробничого процесу без збільшення витрат на обслуговування та ремонт обладнання.

Саме тому для уникнення можливих проблем бізнесу та забезпечення сталого розвитку варто сфокусуватися на наступних ключових аспектах:

1) Важливо визначати і впроваджувати найбільш ефективні та придатні для певних умов підприємства методології, технології та інструменти Business performance management [1](Lean-виробництво, Just-In-Time, Канбан, Six Sigma та ін.), які дозволяють зменшити зайві запаси, оптимізувати ресурси та виробництво, скоротити час на виробничі операції, постачання ресурсів, переналадку обладнання, регламенти узгодження тощо. Наприклад, система "Just in Time" (JIT) передбачає, що компанія отримує необхідні матеріали та комплектуючі саме в той момент, коли вони їй необхідні для виробництва продукції. Це допомагає знизити запаси та витрати на їх утримання, а також підвищує швидкість реакції компанії на зміни в попиті на продукцію.

2) Для досягнення максимальної продуктивності праці та прибутковості діяльності, необхідно забезпечити постійне покращення та удосконалення. Це означає, що бізнесу потрібно займатися не тільки оптимізацією потоку операцій, але й постійно вдосконалювати свої процеси (бізнес-процеси), системи/механізми їх забезпечення та управління через детальне планування, ретельний моніторинг та постійний аналіз причин відхилень від плану для своєчасного виявлення потенційних зон ризику і їх усунення. Управління бізнес-процесами на засадах Business performance management [1] повинно мати ретельно розроблену систему контролю за якістю продукції на всіх етапах матеріального потоку для того, щоб уникнути зайвих витрат на відновлення чи повернення продукції через її низьку якість. Систематичний моніторинг процесів дозволяє також виявляти проблеми та вчасно приймати необхідні заходи для їх вирішення. Крім того, важливо мати достатньо гнучкість у плануванні та розподілі ресурсів,

щоб бути готовим до змін в зовнішньому бізнес-середовищі та швидко реагувати на непередбачувані обставини. Використання автоматизованих систем управління і сучасні програмні засоби діджиталізації дозволяють планувати, моніторити та координувати різноманітні операції (бізнес-процеси), автоматизувати багато рутинних задач та виявляти проблеми по трьом аспектам забезпечення сталого розвитку в режимі реального часу, забезпечити надійне збереження даних. Важливо пам'ятати про гнучкість в управлінні бізнес-процесами/потоком операцій. Незважаючи на те, що планування та контроль є важливими елементами управління, компанії також повинні бути готові до змін та своєчасного реагування і внесення коректив в свої процеси в залежності від зміни обставин, вимог та потреб ринку.

3) Для успішного управління важливо мати достатньо кваліфікований персонал. Команда повинна бути досвідченою та знати свої обов'язки. Необхідно також забезпечити можливість навчання та підвищення кваліфікації, щоб працівники могли розвиватись та вдосконалювати свої навички. Варто також встановлювати адекватні метрики продуктивності персоналу та відслідковувати ці показники, такі як час циклу виробництва, вартість виробництва на одиницю продукції, рівень якості тощо можуть допомогти керівництву компанії визначити ефективність процесів та знаходити шляхи їх покращення. Концепція *сталого розвитку* вимагає від керівників бути активними учасниками процесів її планування та забезпечення, контролю, відстеження прогресу результатів, для досягнення чого потрібно активно залучати та мотивувати всіх працівників підприємства. Кожен з них може внести свій внесок у поліпшення процесів та оптимізацію ресурсів. Важливо також забезпечити системи залучення та мотивації персоналу, конфлікт-менеджменту та управління комунікаціями.

Таким чином, проектне управління в контексті *сталого розвитку* є складним комплексним процесом, спрямованим на досягнення стратегічних цілей, покращення якості та екологічності продукції, задоволення потреб персоналу, органів влади, інших стейкхолдерів.

Основною проблемою в Україні є чисельні об'єктивні перешкоди та багатоаспектні ризики, які зумовлені війною; браком необхідних фінансових, трудових, матеріальних ресурсів; жорсткими вимогами щодо якості і екологічності продукції та ін.. Водночас, необхідно визначити наявні можливості для впровадження в Україні вже опрацьованих у світі дійових практик забезпечення сталого розвитку, які в умовах будівництва нових об'єктів промисловості та інфраструктури (через реалізацію т.зв. проєктів «greenfield», тобто «з нуля», «в чистому

полі») можуть одразу враховувати наявний інструментарій проектного управління, досвід успішних практик впровадження програм і проектів *сталого розвитку*, а також існуючі вимоги, регламенти, стандарти.

### **Перелік використаних джерел**

1. Pardede E. Business performance management systems: a conceptual framework. *International Journal of Business Intelligence Research*. 2010. vol.3, pp. 70-81.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-216>

## **SMART MENTORING: INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MENTORING ACTIVITIES TO ENHANCE HUMAN RESOURCE MANAGEMENT EFFECTIVENESS**

### **РОЗУМНЕ МЕНТОРСТВО: ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МЕНТОРСЬКУ ДІЯЛЬНІСТЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ**

**Lomonosov O.S.,**  
*Student (group 051-23-1м),  
LLC "Technical university  
«Metinvest polytechnic»,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Ломоносов О.С.,**  
*студент гр. 051-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Smyrnova I.I.,**  
*PhD (Economics), Associate Professor,  
LLC "Technical university  
«Metinvest polytechnic»,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Смирнова І.І.,**  
*к.е.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

В умовах ринкової економіки менторська діяльність, як і управління персоналом, має бути системною і комплексною, з акцентом на вирішення професійних і соціальних завдань, а також для впровадження нових форм і методів навчання. Комплексний підхід у менторстві передбачає врахування соціально-психологічних, організаційно-економічних, педагогічних, правових та інших аспектів у їхньому

взаємозв'язку, з особливою увагою до соціально-економічних факторів, які впливають на розвиток трудового потенціалу працівника.

Системний підхід у менторстві фокусується на визначенні цілей розвитку працівників як нових, так і досвідчених, розробці стратегій їх досягнення, а також створенні індивідуальних планів, які забезпечують комплексну і цілеспрямовану підтримку такого працівника [1].

Штучний інтелект є відзначною галуззю комп'ютерних наук, яка займається розробкою систем, здатних самостійно виконувати завдання, що зазвичай потребують людського інтелекту. Основні компоненти штучного інтелекту включають машинне навчання, обробку природної мови (NLP), комп'ютерний зір та інші технології, що імітують людське мислення та поведінку. В умовах сучасного світу, штучного інтелекту швидко набирає популярності і справляє суттєвий вплив на різноманітні сфери життя. Він знаходить активне застосування в автономних транспортних засобах, голосових асистентах, інтернеті речей, медицині, фінансовому секторі, маркетингу, наукових дослідженнях та багатьох інших областях [2].

Впровадження штучного інтелекту у менторство являє собою революційний підхід, що використовує інноваційні технології для вдосконалення всіх етапів наставництва, які охоплюють процеси планування, індивідуального розвитку, мотивації, навчання та підтримки учнів.

Так, використання штучного інтелекту в менторській діяльності дозволяє значно полегшити роботу наставників, оптимізуючи управління ресурсами та знижуючи перевантаження окремих менторів. Він допомагає в аналізі великих обсягів даних про прогрес новоприйнятих працівників, що дає можливість передбачати результати, розробляти оптимальні стратегії навчання, а також виявляти потенційні проблеми та ризики, що мінімізує ймовірність помилок та негативних наслідків у процесі наставництва. Разом з цим, сприяє підвищенню об'єктивності у процесі менторської діяльності, допомагаючи уникнути упередженості під час оцінки навичок та розвитку таких працівників.

При персоналізованому підході, штучний інтелект зможе адаптувати навчання до прогресу кожного працівника, аналізуючи сильні та слабкі сторони та створюючи індивідуальні плани розвитку. Наприклад, штучний інтелект може рекомендувати навчальні матеріали або ситуативні завдання відповідно до потреб новоприйнятого працівника, надаючи ментору реальні дані про його успішність, та дозволяє швидко визначити, де учень потребує додаткової підтримки [3].

Штучний інтелект також здатен сприяти розвитку соціальних навичок через симуляції та рольові ігри, так як віртуальні сценарії дозволяють новоприйнятим практикувати навички у безпечному середовищі, де ментор може спостерігати за їхніми реакціями. Крім того, чат-боти на основі штучного інтелекту можуть забезпечувати підтримку та консультування, відповідаючи на питання учнів у проміжках між сесіями з наставником, що надає їм миттєвий зворотний зв'язок [4].

Слід зазначити, що використання штучного інтелекту в менторській діяльності може стати ефективним інструментом для підготовки і до працівників до ролі менторів. Завдяки можливостям аналізу інтелект здатен визначати професійні та особисті якості працівників, які мають потенціал для наставництва, а також такі характеристики, як комунікативні навички, емоційний інтелект та лідерські здібності, і на основі цього пропонувати індивідуальні програми підготовки до менторської ролі [5]. Разом з цим, штучний інтелект дозволить розробляти персоналізовані програми навчання для майбутніх наставників, з урахуванням унікальних потреб кожного працівника. Дані програми включають розвиток таких навичок, як активне слухання, емпатія, управління конфліктами та цілеспрямована мотивація, що допомагає працівникам краще реалізувати свій потенціал.

Крім того, штучний інтелект здатен створювати симуляції різних ситуацій, які можуть виникнути в процесі наставництва. Працівники мають змогу відпрацьовувати менторські навички у віртуальному середовищі, отримуючи зворотний зв'язок щодо своїх дій, тим самим, забезпечить безпечну практику для майбутніх менторів, дозволяючи їм поступово розвивати компетентність у наставницькій діяльності.

Штучний інтелект може слугувати постійним асистентом для нових менторів, надаючи підтримку, рекомендації в режимі реального часу, що особливо корисно на початку менторського шляху, коли виникає потреба в оперативних порадах для вирішення складних ситуацій [6].

Таким чином, менторство, як складова системи управління персоналом, вимагає системного та комплексного підходу з акцентом на вирішенні завдань професійного і соціального характеру. А впровадження штучного інтелекту в менторство дозволить покращити цю діяльність, оптимізуючи роботу наставників і забезпечуючи об'єктивність у оцінці навичок.

### **Перелік використаних джерел**

1. Ліпич, Л.Г., Кушнір, М.А. Менторство як інструмент розвитку професійних можливостей працівників підприємства. *Економічний*

*проспир.* 2024. № 191. С.137-141. URL: <https://prostir.pdaba.dp.ua/index.php/journal/article/view/1546/1490> .

2. Баранов О.А. (2023). Визначення терміну “штучний інтелект”. *Інформація і право.* 2023. № 1 (44). С. 32-49. URL: [https://doi.org/10.37750/2616-6798.2023.1\(44\)](https://doi.org/10.37750/2616-6798.2023.1(44)) .

3. Гупта К. Переваги штучного інтелекту в управлінні персоналом: Вплив та приклади. URL: <https://www.plumhq.com/blog/ai-in-hr> .

4. Худолій Ю.С., Косолапенко В.С. Особливості застосування чат-ботів на основі штучного інтелекту у фінансовій сфері. *Економіка і регіон.* 2023. № 3 (90). С. 97–103. URL: [https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/13687/1/%d0%95%d1%96%d0%a0\\_3\\_90\\_2023\\_97-103.pdf](https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/13687/1/%d0%95%d1%96%d0%a0_3_90_2023_97-103.pdf) .

5. Нероба, Ю. Р. (2024). Розробка компонентів системи нетворкінгу пошуку студентів-кофаундерів для заснування стартапів. URL: <https://openarchive.nure.ua/handle/document/27469> .

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-217>

## ANALYSIS OF PROBLEMATIC ASPECTS OF PRODUCT STOCK MANAGEMENT IN WAREHOUSES

### АНАЛІЗ ПРОБЛЕМНИХ АСПЕКТІВ КЕРУВАННЯ ЗАЛИШКАМИ ПРОДУКЦІЇ НА СКЛАДАХ

**Ponomarov D.A.,**  
Student (group 073-23-1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine

**Пономарьов Д.А.,**  
студент гр. 073-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна

**Shevchenko N.Yu.,**  
PhD (Economics),  
Associate Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine

**Шевченко Н.Ю.,**  
к.е.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна

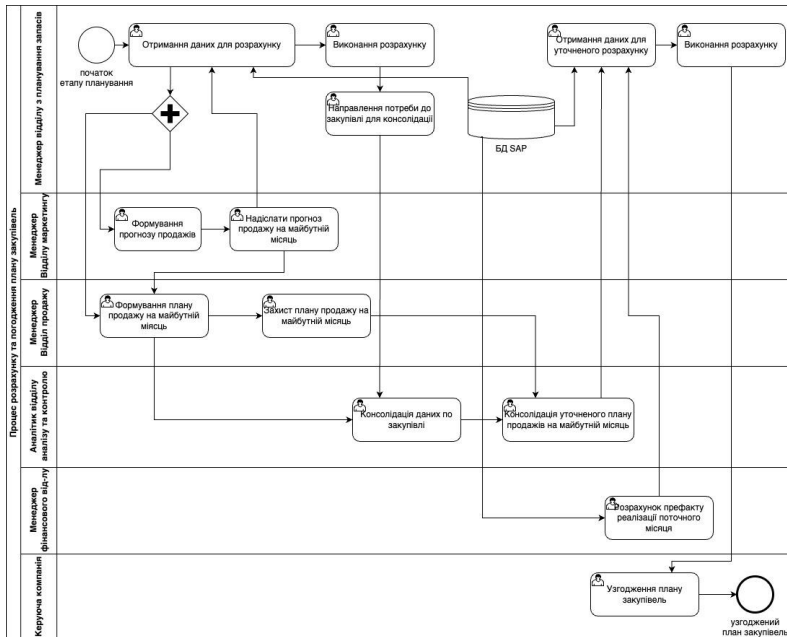
Система керування залишками продукції на складах є складовою частиною загальної логістичної системи підприємства, яка включає в

себе планування, організацію, контроль та регулювання товарних потоків від постачальника до кінцевого споживача. Необхідність удосконалення цих процесів обумовлена декількома факторами. По-перше, оптимізація запасів дозволяє зменшити витрати на зберігання продукції, що включає витрати на оренду складських приміщень, оплату праці персоналу, а також витрати на збереження товарів в належному стані. По-друге, ефективне управління запасами сприяє зниженню ризиків, пов'язаних з дефіцитом продукції або її надлишками, що може призвести до втрати потенційного доходу або збитків від реалізації надлишкової продукції за зниженими цінами.

В роботі [1] зазначено, що 70 % показників ефективності діяльності промислових підприємств пов'язані саме з управлінням матеріальними запасами. Також автор за результатами проведених досліджень наводить низку проблем, пов'язаних з відсутністю норм і нормативів на закупівлю і використання сировини та матеріалів, що зберігаються на складах. Разом з тим, склад є лише елементом системи вищого рівня – логістичного ланцюга, який формує основні технічні вимоги до складської системи, встановлює цілі та критерії її оптимального функціонування, диктує умови переробки вантажів. Тому склад має розглядатися не ізольовано, а як інтегрована складова логістичного ланцюга. Відповідно до [2] аналіз запасів може включати: аналіз забезпеченості підприємства матеріальними ресурсами; аналіз ефективності формування портфеля договорів постачання запасів; аналіз стану запасів на складах та умов їх зберігання; оцінка ефективності використання матеріальних ресурсів. Дослідження [3] показало, що комплектування замовлень є найдорожчим серед цих видів діяльності. Більше 60% усіх операційних витрат на типовому складі можна віднести на комплектування замовлень, а отже, системи управління складом потребують впровадження передових технологій, які можуть підтримувати збір і обробку інформації у відповідності до принципів Індустрії 4.0 [4].

Важливе місце у питанні керування залишками на складах, займає питання розподілення матеріалів. Згідно міжнародним звітам, близько 23% витрат на логістику в США [5] і 39% в Європі [6] зумовлені складським капіталом і експлуатаційними витратами. Враховуючи ступінь цього впливу на ланцюги поставок компаній, ефективне управління складами вважається критично важливим для успіху бізнесу. На підставі цього, можна зробити висновок, що ефективне планування структури складу є ключовим аспектом у вирішенні питання економії витрат на складське зберігання.

Одним з важливих артефактів бізнес-процесу «Управління закупівельною діяльністю» виступає план закупівель, а підходи до його формування визначаються специфікою підприємства та рівнем цифровізації, автоматизації його бізнес-процесів. Приклад процесної моделі наведений на рис. 1.



**Рис. 1. Візуальна модель бізнес-процесу «Розрахунок та погодження плану закупівель»**

Процес формування плану закупівель є багатоетераційним та складним процесом, під час якого може використовуватись інформація з різних джерел за відсутності єдиного центру інформації. На практиці часто використовуються ручні розрахунки, наприклад, за допомогою Excel шаблону. В такому випадку формули у розрахунку є статичними та не передбачають гнучкі процеси моделювання. Відсутність можливості проведення автоматичного завантаження та розрахунку призводить до великих витрат робочого часу персоналу.

Часто ручний режим поєднується з використанням даних, які акумулюються в ERP-системах, але функція перегляду певних звітів може бути реалізована тільки для окремих зрізів інформації. Частина інформації може зберігатись та оновлюватись в Excel-форматі на мережних дисках, що може призводити до додаткових витрат часу на обробку даних. Ще одна з можливих проблем – відсутність можливості одноразового вивантаження єдиного масиву даних, що робить процес вивантаження інформації ітеративним процесом та потребує багато часу для формування і вивантаження звітів з подальшим оновленням інформації в єдиному Excel-шаблоні.

Рішенням перелічених проблем може стати створення єдиної бази даних з усією необхідною інформацією для подальшого завантаження і обробки згідно встановленого алгоритму.

### **Перелік використаних джерел**

1. Багрій К. Л. Особливості аналізу ефективності використання матеріальних запасів підприємства. Збірник наукових праць. *Луцький національний технічний університет. Економічні науки. Серія «Облік і фінанси»*. Луцьк. 2010. Вип. 7(25): Ч. 1. С. 50– 58.

2. Бондарчук Н. В., Тенета А. В. Організаційно-методичні засади аналізу запасів для потреб управління підприємством. *Економіка, управління та адміністрування*. 2019. Т.3, №89, С.106-113.

3. Drury J. Towards more efficient order picking: IMM Monograph No. 1. Cranfield, U.K.: The Institute of Materials Management, 1988.

4. Mao Y., Zheng L. Design and Implementation of Port Bulk Storage Management System Based on Internet of Things Technology. *Journal of Coastal Research*. 2019. №98, pp. 62–66.

5. Davis H.W. Logistic Cost and Service. *Annual global conference, Council of Supply Chain Management Professionals*. Philadelphia, 2011.

6. Groothedde B. European Warehousing Labour Cost. *Supply Chain Management: Market Intelligence, Optimization and Collaboration*. 2012. URL: <http://www.argusi.org/2011/11/28/european-warehousing-labour-cost/>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-218>

## SHORTCOMINGS AND REASONS FOR FAILURES IN THE WORK OF PROJECT MANAGERS AND EXECUTORS

### НЕДОЛІКИ ТА ПРИЧИНИ ПРОВАЛІВ В РОБОТІ КЕРІВНИКІВ ТА ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТІВ

**Rovenska V.V.,**

*PhD (Economics),*

*Associate Professor, LLC “Metinvest  
polytechnic technical university”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Ровенська В.В.,**

*к.е.н., доцент,*

*ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

В наших попередніх дослідженнях [1-5] розглядалися проблематика забезпечення групової динаміки, удосконалення систем управління персоналом, зокрема відмічалось, що сучасні умови невизначеності та швидких змін бізнес-середовища та повсякденного життя в Україні та світі вимагають від проєктного менеджера та його команди бути не тільки професіоналами в своїй справі із розвинутими *hard* та *soft skills*, а й бути адаптованим до нових викликів та ризиків, мати здатність швидко приймати рішення. Проте багатоаспектність цієї проблематики вимагає додаткового дослідження щодо існуючих підходів та найкращих практик успішного командоутворення та комунікацій, управління конфліктами через формування сприятливого для взаємодії і співпраці бізнес-середовища і створення атмосфери довіри та злагоди.

Фахівці Інституту проєктного менеджменту (Project Management Institute, PMI, США) [6; 7] та інші експерти-практики [8; 9] визначають основних «ворогів» найкращих виконавців (рис. 1):

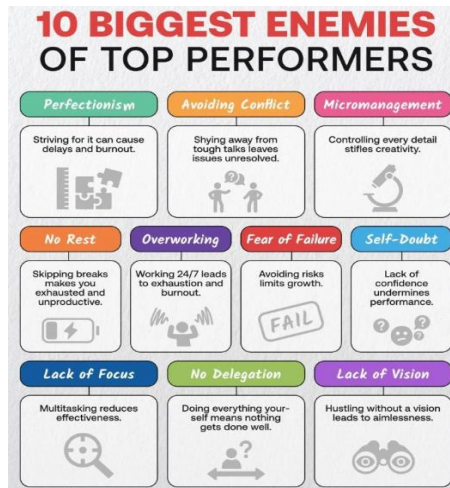
1. Перфекціонізм, що призводить часто до стресу та вигорання.
2. Схильність до уникнення конфліктів, проте часте ухилення від жорстких розмов залишає проблеми невирішеними.
3. Мікроменеджмент. Зайвий контроль за кожною деталлю пригнічує творчість та самостійність.
4. Відсутність відпочинку. Пропуск перерв та відпочинку виснажує і робить працівників непродуктивними.
5. Перевтома. Робота 24/7 призводить до стресу, виснаження та вигорання.
6. Страх невдачі обмежує професійне зростання та розвиток.

7. Невпевненість у собі не дозволяє реалізувати потенціал повною мірою, виснажує робітника та підриває його продуктивність.

8. Нестача фокусу уваги на пріоритетних завданнях або неможливість його встановити із-за жорстких дедлайнів та перевантаження. Проте багатозадачність знижує ефективність виконання роботи та призводить до збільшення помилок внаслідок розпилення уваги і поспіху.

9. Відсутність делегування. Робити все самому означає високу ймовірність не виконати все вчасно і з високою якістю.

10. Відсутність візії, проте без чіткого уявлення бажаного результату і бачення майбутнього призводить до невизначеності «напряму руху» і відповідно до прийняття не вірних рішень.

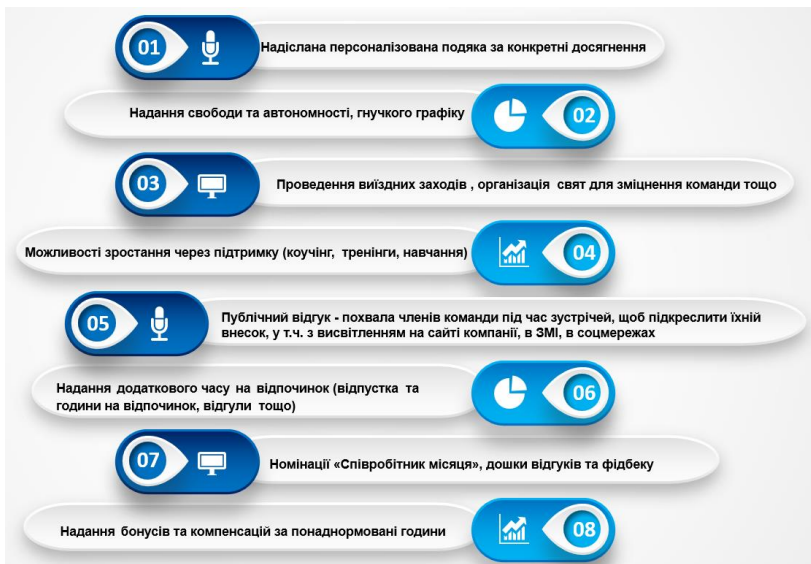


**Рис. 1. Десять найбільших ворогів найкращих виконавців (в оригіналі – 10 Biggest Enemies of Top Performers [8])**

Досягнення максимальної продуктивності – це не просто докладання більших зусиль; це ще й уникнення пасток та подолання власних слабких місць (див. рис.1) , які можуть зруйнувати результат вже досягнутого і не забезпечити прогрес на майбутнє. Уникнення таких пасток (див. рис.1) допоможе розвитку всередині команди, сприяючи досягненню намічених спільних цілей та взаємному зростанню.

Важливо відмітити, що надзвичайно недооціненою лідерською якістю, що, в решті решт, стає запорукою забезпечення успішної взаємодії в команді і створення сприятливої для продуктивної праці атмосфери – це визнання керівником внеску кожного учасника команди в результат, їх праці та успіхів, що не вимагає великих витрат, але має величезний вплив. Лідери, які визнають і цінують роботу своєї команди, мають, як правило, більш високий рівень залученості та продуктивності команди.

Можна запропонувати деякі заходи (рис. 2), за допомогою яких керівники можуть надихати та підтримувати членів своєї команди:



**Рис. 2. Заходи, за допомогою яких керівники можуть краще впізнавати та надавати позитивний зворотній зв'язок членам своєї команди (запропоновано і угруповано автором з використанням готових шаблонів)**

І остання порада: «Просто кажіть «дякую» – широко, особисто і часто!». Недарма як відмічають фахівці [9]: «Людина, яка відчуває, що її цінують, завжди робитиме більше, ніж від неї очікують».

### Перелік використаних джерел

1. Ровенська В.В., Смирнова І.І., Латишева О.В. Комунікації та управління конфліктами в операційних та ІТ проєктах. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету*. № 1 (38). 2023. С.12-20. URL: [http://journals.uran.ua/ves\\_pstu/issue/view/16328](http://journals.uran.ua/ves_pstu/issue/view/16328), doi.org/10.31498/2225-6725.1(38).2023.280727
2. Ровенська В.В., Латишева О.В., Смирнова І.І. Групова динаміка та методи управління креативними та проєктними командами в ІТ сфері. *Трансформаційна економіка*. 2023. № 3 (03) . С. 32-40, <https://www.transformations.in.ua/index.php/journal/article/view/29>
3. Ровенська В.В., Смирнова І.І., Латишева О.В. Розвиток навичок «soft skills» в контексті «performance management skills». *Вісник Національного авіаційного університету «Проблеми системного підходу в економіці»*. № 2 (91). 2023. С. 75-85, [http://www.psaer-jrn1.nau.in.ua/journal/2\\_91\\_2023\\_ukr/12.pdf](http://www.psaer-jrn1.nau.in.ua/journal/2_91_2023_ukr/12.pdf)
4. Ровенська В.В., Смирнова І.І., Латишева О.В. Процедура трансформації системи управління персоналом на підґрунті ідеологемі perfomance management. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. №26. 2023. С.84-89, <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/60799/1/287412-663399-1-10-20230913.pdf>, <https://doi.org/10.20535/2307-5651.26.2023.287412>
5. Ровенська В.В., Латишева О.В., Смирнова І.І. Інструменти підвищення операційної ефективності в контексті business performance management. *Трансформаційна економіка*. №1. 2024., С.48-52; DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2024-6-9>
6. Рекомендації та настанови Інституту проєктного менеджменту США (Project Management Institute, PMI): офіційний сайт. URL: <https://www.pmi.org>
7. 10 Biggest Enemies of Top Performers. Дописи та гайди Project Management на платформе «Linkedin». 2024: [https://www.linkedin.com/posts/projectmanagementinformation\\_10-biggest-enemies-of-top-performers-activity-7251547358868426753-PAFy/?utm\\_source=share&utm\\_medium=member\\_android](https://www.linkedin.com/posts/projectmanagementinformation_10-biggest-enemies-of-top-performers-activity-7251547358868426753-PAFy/?utm_source=share&utm_medium=member_android)(дата звернення 14.09.2024).
8. Victoria Repa (2024). 10 Biggest Enemies of Top Performers: за матеріалами в профілі фахівця на платформе «linkedin». URL: <https://www.linkedin.com/in/victoria-repa-115a1987/>(дата звернення 10.10.2024).
9. George Stern (2024). Follow him for daily leadership lessons. Guide. Leadership: website «Linkedin». URL: <https://www.aihr.com/blog/competency-mapping/> (дата звернення 14.09.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-219>

## WELL-BEING IN HRM AS A KEY TO ENSURING INCREASE IN OPERATIONAL EFFICIENCY

### WELL-BEING В УПРАВЛІННІ ПЕРСОНАЛОМ ЯК ЗАПОРУКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

**Smyrnova I.I.,**

*PhD (Economics),  
Associate Professor,  
LLC “Metinvest polytechnic  
technical university”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Смирнова І.І.,**

*к. е. н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Війна в Україні є одним із найсильніших стресових факторів, що впливають на людину та її роботу. В цих складних для всіх українців умовах питання впровадження культури Well-being (благополуччя або добробуту) стають критично важливими.

Благополуччя або добробут – це частина загальної корпоративної культури, що передбачає «створення середовища для досягнення задоволеності, яка дозволяє співробітнику процвітати і повністю розкривати свій потенціал на благо себе та своєї організації». При цьому підтримкою благополуччя потрібно займатися постійно, від процесу найму до останнього робочого дня і вибудовувати її так, щоб знайшовся баланс між потребами співробітника та потребами компанії. Все починалося з так званих «фітнес-програм» в США – пілг на зміцнення здоров'я. Тренд, що прийшов в компанії Європи зі Штатів з 1970-х років, поступово переріс в більш узагальнений «wellness» рух – він теж торкався питання фізичної активності. А у 1989 році в США навіть був прийнятий загальнонаціональний день здоров'я та фітнесу найманих працівників. [1].

Зараз фахівці виокремлюють п'ять аспектів забезпечення благополуччя людини (рис.1): фізичний, ментальний, емоційний, соціальний та фінансовий.

В надзвичайно стресових умовах життя та роботи в Україні забезпечення добробуту працівника допомагає зберегти моральний дух і його здоров'я, а саме:

1) Фізичне благополуччя. Окрім обов'язкових перерв та можливості рухатися протягом робочого дня, забезпечення здорового харчування і фізичної активності, важливо звернути увагу на також якість робочого середовища.

2) Ментальне благополуччя. Включає в себе профілактику вигорання, своєчасне надання психологічної підтримки, створення атмосфери психологічної безпеки в колективі.

3) Емоційне благополуччя, що у т.ч. залежить від міжособистісних відносин та діючої в організації культури комунікацій та управління конфліктами, а також від того, наскільки створена сприятлива атмосфера в колективі або команді сприяє можливості вільно висловлювати свої емоції.

4) Соціальне благополуччя. Через спільні заходи соціальної підтримки та зміцнення команди, програми менторства та розвитку кар'єри сприяє можливості відчувати свою приналежність до команди та організації в цілому.

5) Фінансове благополуччя. Окрім стабільної зарплати, включає надання працівникам можливості її зростання на шляху професійного розвитку та кар'єрного зростання.



Рис. 1. Аспекти благополуччя людини за концепцією well-being

Поширена культура Well-being й в командах проектів підвищення операційної ефективності підприємства України, що в умовах війни не

лише сприяє збереженню виробничих показників, але й забезпечує здоров'я та моральний дух працівників. Заходи програми Well-being допомагають не тільки підвищити продуктивність, але й створюють основу для стійкого розвитку підприємства в умовах невизначеності та стресу.

Приклади справжнього Well-being в провідних компаніях світу – це не лише тимчасові заходи, а комплексна стратегія, яка стає невід'ємною частиною корпоративної культури роботи команд, наприклад:

1. Google відомий своїми програмами з підтримки здоров'я та благополуччя працівників, такими як: фітнес-центри, медичні кабінети, програми з психологічної підтримки [3].

2. Salesforce запровадив програму "Well-being at Salesforce", яка включає різноманітні безкоштовні заходи для підтримки фізичного, емоційного та ментального здоров'я своїх працівників [3].

3. Microsoft запровадив програму "MyAnalytics", яка допомагає працівникам керувати своїм часом, зменшувати стрес та покращувати загальне благополуччя [3].

Зараз перед українськими підприємствами та організаціями стають першочергові завдання не тільки підтримки виробництва, але й збереження людського потенціалу. Концепція Well-being може стати надійним інструментом у досягненні цих цілей.

Негативні емоції, такі як страх, паніка та відчуття безвиході, можуть призводити до значного погіршення фізичного та психічного здоров'я персоналу українських компаній, а також негативно впливати на продуктивність та згуртованість колективу. Хоч бойові дії та постійні обстріли та руйнування в Україні і обмежують кожен з аспектів забезпечення благополуччя, проте для виживання та підвищення операційної ефективності бізнесом вже зараз впроваджуються різні заходи та програми фізичної активності, наприклад проводяться заняття спортом (йога, теніс, руханка) на робочому місці; психологічної підтримки через запровадження гарячої лінії для консультування працівників, організації тренінгів з управління стресом; управління комунікаціями та конфліктами через регулярні зустрічі та обговорення ситуації, навчання відповідним технікам спілкування та вирішення конфліктів; соціальні корпоративні заходів, які сприяють зміцненню командного духу.

Отже, вважаємо, що для команд проєктів підвищення операційної ефективності бізнесу в Україні адаптувати принципи Well-being до конкретних умов та можливостей бізнесу дуже важливо. Це може стосуватись розробки програм про турботу фізичного здоров'я та

заохочення до здорового способу життя, в яку включити фізичні, емоційні та ментальні аспекти здоров'я через доступ до фітнес-центрів, медичних кабінетів та служб психологічної підтримки; через гнучкі графіки та можливість працювати віддалено, щоб допомогти працівникам зберігати баланс між роботою та особистим життям; через моніторинг навантаження персоналу та його перерозподіл за потреби; через стимулювання такої культури, де працівники відчувають себе підтриманими та цінними.

### **Перелік використаних джерел**

1. Культура Well-being: навіщо та як управляти благополуччям співробітників. URL: <https://peopleforce.io/uk/blog/kultura-well-being>
2. How Employee Wellbeing Affects Engagement, Motivation, and Performance. Web-sait «HRvisionevent». URL: <https://www.hrvisionevent.com/content-hub/how-employee-wellbeing-affects-engagement-motivation-and-performance/>
3. Створення здорової корпоративної культури + кейси західних компаній. URL: <https://hurma.work/blog/05-2021-stvorennya-zdorovoyi-korporatyvnoyi-kultury-kejsy-zahidnyh-kompanij-2/?citationMarker=43dcd9a7-70db-4a1f-b0ae-981daa162054%20%22%22>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-220>

## **THE ROLE OF THE STEEL INDUSTRY IN ENSURING SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF UKRAINE**

## **РОЛЬ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ В ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ**

**Trusova A.O.,**

*Student (group 051-24-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Трусова А.О.,**

*студентка гр.051-24-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

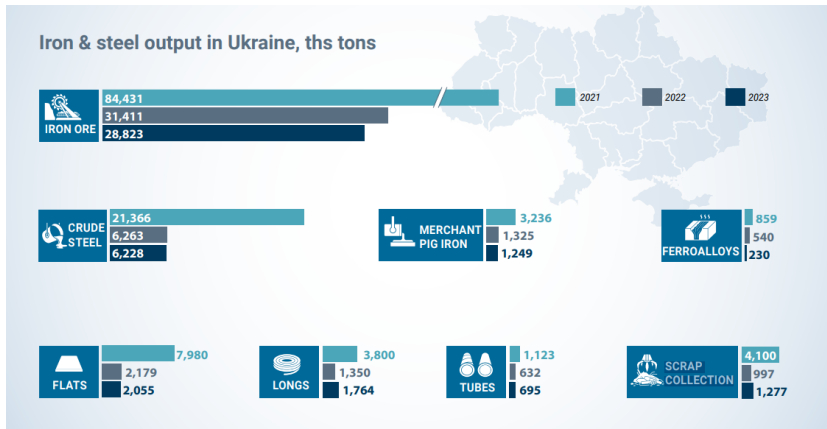
У 2023 році частка металургійної продукції склала 5,7% в ВВП України, в загальному експорті – 14,6%; 3,0% усіх податкових надходжень (\$1 млрд. податків). До повномасштабних бойових дій

металургійний сектор забезпечував понад 560 тис. робочих місць, причому зарплата в галузі була на 37% вища, ніж в середньому по країні. Підприємства гірничо-металургійного комплексу (надалі – ГМК) і сьогодні залишаються одними з ключових роботодавців, які забезпечують зайнятість в регіонах, стримують людей від міграції. Знищення понад 250 тис. житлових будинків, 3,8 тис. будівель навчальних закладів, 1,3 тис. – закладів охорони здоров'я створює попит на мільйони тонн сталі для їх відновлення. Саме тому ця галузь є критично важливою для зміцнення обороноздатності України під час війни та пост воєнного відновлення [1; 2].

За результатами проведеного аналізу стану металургійної галузі України на підставі [1; 2] можна констатувати, що цей сектор національної економіки є драйвером відновлення громад, оскільки має вирішальне значення для відновлення пошкодженої інфраструктури та забезпечення сталого розвитку країни.

Україна при підтримці міжнародних донорів зможе мати перспективи «зеленому переходу» через впровадження проєктів з видобутку високоякісної залізної руди для виробництва заліза прямого відновлення (DRI), оскільки країна має одні з найбільших світових запасів магнетитових руд (~5 млрд тонн), що дозволяє вітчизняним металургійним компаніям постачати ~20-25 млн тонн DR-сировини на світовий ринок (~ 14% зростаючого попиту) [1; 2].

За даними «Gmk.center» [1; 2], металургійний сектор України зазнав значних втрат внаслідок російської агресії, а саме кількість сталеплавильних заводів зменшилася з 12 у 2013 році до 6 у 2023 році, а виробничі потужності впали з 42 млн тонн сирової сталі до 17,8 млн тонн. Виробництво сталі також значно скоротилося з 32,7 млн тонн до 6,2 млн тонн. Але незважаючи на значні виклики, українська металургійна промисловість продемонструвала достатньо високу адаптивність та стійкість. Виробництво деяких видів продукції відновилося або навіть зросло з 2023 року. Однак, галузь все ще стикається з багатьма проблемами, включаючи руйнування виробничих потужностей, логістичні труднощі та нестабільність на ринку, що за даними центру «Gmk.center» [1; 2] (рис. 1) відбивається на обсягах виробництва різних видів сталевих продуктів, таких як: залізна руда (Iron ore), сировинна сталь (Crude steel), чавун (Merchant pig iron), феросплави (Ferroalloys), сортовий прокат (Longs), труби (Tubes), Збір металобрухту (Scrap collection) та плоский прокат (Scrap collection) [1; 2].



**Рис. 1. Обсяги виробництва різних видів сталевих продуктів в Україні за 2021–2023 р.р.**

Одним із ключових елементів забезпечення сталого розвитку країни є екологічна модернізація виробництва. Металургійні підприємства впроваджують технології зниження викидів вуглекислого газу та інші заходи з оптимізації використання енергії та раціонального використання природних ресурсів. За даними «Gmk.center» [1; 2], потенціал України до 2035 року щодо виробництва сталі з низьким вмістом вуглецю (DRI та EAF технології), може досягти ~6 млн тонн. Це в свою чергу передбачає суттєві зміни у металургійній індустрії, орієнтовані на сучасні екологічні стандарти та міжнародні вимоги щодо ступеню екологічності виробництва та якості продукції. Україна може стати одним із провідних постачальників високоякісної сировини (залізної руди з високим вмістом заліза 68-70%) для світових ринків, зокрема для виробництва сталі з низькими викидами CO<sub>2</sub>. Це дозволить галузі активно долучитися до програм глобальної декарбонізації. Загальний потенціал України щодо виробництва сировини для сталі з низьким вмістом вуглецю оцінюється у ~20-25 млн тонн. Основними продуктами, які можуть постачатися на світовий ринок, є пелети та концентрат залізної руди з високим вмістом заліза (~68-70%). Найбільшими потенційними виробниками є Метінвест Холдинг, Феррекспо, АрселорМіттал (Кривий Ріг), Black Iron та Southern GOK. Українські підприємства можуть виробляти як пелети, так й концентрат,

що дозволяє їм задовольняти різні потреби внутрішнього та зовнішніх ринків збуту [1 ; 2].

Хоч металургійні компанії й стикаються з численними викликами у впровадженні екологічних стандартів внаслідок браку ресурсів, проте вже зараз успішно реалізуються проекти, спрямовані на мінімізацію впливу на довкілля. За даними [3 – 9] на Активах «МетінвестХолдингу» успішно впроваджені програми охорони навколишнього середовища, проекти екологічної модернізації, прийнято та реалізовано низку передових технологічних рішень сучасної автоматизації та ін. Метінвест Холдинг продовжують реалізовувати й гуманітарні ініціативи за різними напрямками соціального захисту та допомоги: від допомоги військовим до підтримки цивільних та громад (рис. 2).



**Рис. 2. Напрями забезпечення екологічної, технологічної та соціальної складових компанії «МетінвестХолдинг» (систематизовано автором на підставі даних [4; 8])**

В контексті забезпечення сталого розвитку на Активах МетінвестХолдинг (див. рис. 2) плануються й надалі впровадження екологічно спрямовані технології виробництва сталі з низьким вмістом вуглецю, реалізація проектів та програм підвищення операційної ефективності, експроямованих інновацій, удосконалення бізнес-процесів завдяки цифровій трансформації бізнесу [9].

**Висновок.** Варто констатувати, що металургійна галузь України попри значні втрати через війну та економічну нестабільність,

адаптується до нових викликів та вимог, залишається драйвером національної економіки, зокрема в контексті забезпечення впровадження програм та проектів сталого розвитку.

### **Перелік використаних джерел**

1. Офіційний сайт «Gmk.center». URL: <https://gmk.center/ua/analytics/>
2. Economic impact of iron & steel industry of Ukraine: за матеріалами «Gmk.center». URL: [https://gmk.center/wp-content/uploads/2024/05/2024\\_Econ\\_Steel-impact.pdf](https://gmk.center/wp-content/uploads/2024/05/2024_Econ_Steel-impact.pdf)
3. Офіційний сайт Savinglives. Наші проекти для донатів. URL: <https://savinglives.scm.com.ua/ua/>
4. Офіційний сайт МетінвестХолдингу. Розділ «Екологія». URL: <https://metinvestholding.com/ua/responsibility/ecology>
5. Офіційний сайт МетінвестХолдингу. Розділ «Охорона повітря». URL: <https://metinvestholding.com/ua/responsibility/ecology/air-protection>
6. Офіційний сайт МетінвестХолдингу. Розділ «Охорона ґрунтів». URL: <https://metinvestholding.com/ua/responsibility/ecology/soil-protection>
7. Офіційний сайт МетінвестХолдингу. Розділ «Охорона водних ресурсів». URL: <https://metinvestholding.com/ua/responsibility/ecology/watershed-protection>
8. Офіційний сайт МетінвестХолдингу. Розділ «Поводження з відходами». URL: <https://metinvestholding.com/ua/responsibility/ecology/waste-treatment>
9. Digital review: звіт з цифрової трансформації. Поступова трансформація. URL: [https://metinvestholding.com/ar2021/pdf/download\\_center/Strategic%20Report\\_UA/10.%20Digital%20review\\_UA.pdf](https://metinvestholding.com/ar2021/pdf/download_center/Strategic%20Report_UA/10.%20Digital%20review_UA.pdf)

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-221>

**OPPORTUNITIES TO ENHANCE OPERATIONAL EFFICIENCY  
OF UKRAINIAN MINING AND METALLURGICAL ENTERPRISES  
THROUGH THE IMPLEMENTATION OF INVESTMENT  
PROJECTS (CASE STUDY: PJSC “INGULETSKY MINING  
AND PROCESSING PLANT”)**

**МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ  
ЕФЕКТИВНОСТІ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ  
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ  
ВПРОВАДЖЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ  
(НА ПРИКЛАДІ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА  
«ІНГУЛЕЦЬКИЙ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ»)**

**Fanyo D.M.,**

*Student (group 051-23-1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Фаньо Д.М.,**

*студент гр.051-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Latysheva O.V.,**

*PhD (Economics),  
Associate Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Латишева О.В.,**

*к.е.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Постановка проблеми.** Першочергова потреба виживання та відбудови України попри всі ризики та перешкоди повномасштабних бойових дій на території країни зумовлює необхідність пошуку українським бізнесом можливостей релокації, збереження та відновлення потужностей вітчизняних підприємств та інфраструктури, забезпечення їх модернізації та автоматизації з метою не втратити конкурентоспроможність і забезпечити подальшу економічну діяльність та розвиток. Підприємства гірничо-збагачувального комплексу України як одні з драйверів національної економіки також намагаються зберегти виробництво і забезпечити операційну ефективність через впровадження відповідних інвестиційних проєктів модернізації та програм стратегічного розвитку. Зараз актуальним для підприємств ГМК стає питання пошуку можливостей усунення «вузьких місць» в забезпечення сталого розвитку, подолання перешкод та зниження негативних наслідків від існуючих та потенційних ризиків. Недарма прагнення до забезпечення підвищення операційної ефективності та сталого розвитку є невід’ємними складовими успішної діяльності будь-якого підприємства.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій та виділення невирішених частин загальної проблеми.** Проведений аналіз результатів досліджень вітчизняних та закордонних науковців, фахівців-практиків та власний досвід авторів [1 – 3 та ін.] з проблематики процедур та настанов реалізації проєктів забезпечення конкурентоспроможності та підвищення операційної ефективності на підприємствах гірничо-металургійного комплексу (надалі – ГМК) дозволяє констатувати, що в складних умовах українських підприємств не вирішеними залишаються питання: забезпечення якості сировини та матеріалів, наприклад, залізрудних концентратів завдяки впровадженню сучасних ефективних технологій флотації, тонкого грохочіння, що дає змогу виробляти конкурентоспроможні концентрати; автоматизації, удосконалення і реінжинірингу бізнес-процесів для оптимізації витрат ресурсів в контексті концепції сталого розвитку (раціонального природокористування, енергозбереження та енергоефективності тощо).

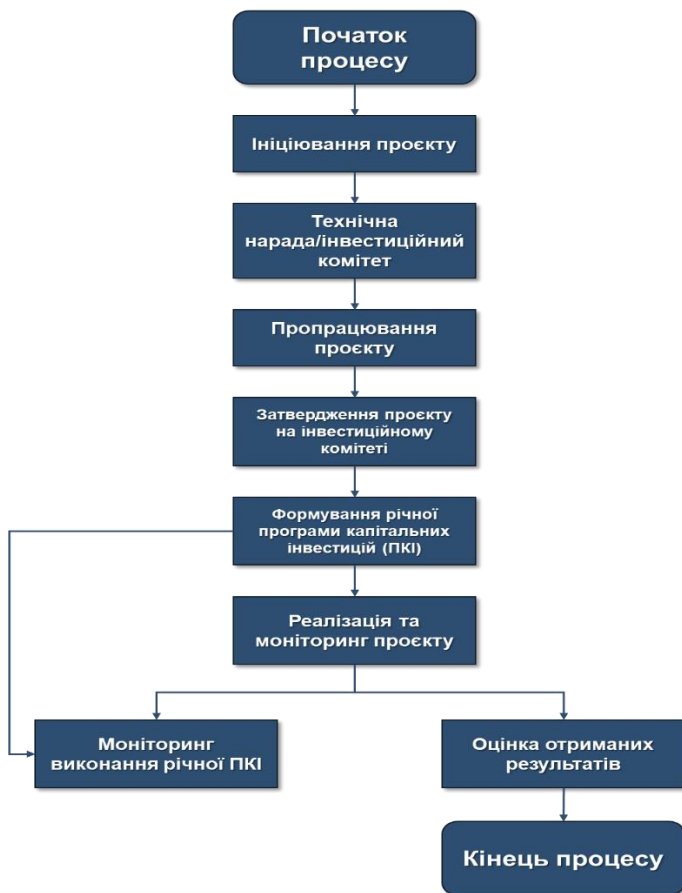
Одним із ключових підприємств ГМК в Україні є Приватне акціонерне товариство "Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат") (далі – ПРАТ «ІНГЗК») – компанія, яка входить в групу компаній (активи) Метінвест Холдингу [4]. ПРАТ «ІНГЗК» спеціалізується на видобутку і переробці залізистих кварцитів Інгулецького родовища, розташованого в південній частині Криворізького залізрудного басейну. В умовах обмежених ресурсів від результатів впровадження проєктів на Активах Холдингу залежить ефективність діяльності всієї групи МЕТІНВЕСТ, що додатково впливає й на загальний потенціал всього промислового сектору та економіки України в цілому. В таких умовах, для компанії ретельно продумані заходи та бюджет стратегічних інвестиційних проєктів та програм сталого розвитку є запорукою успіху на ринку.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Питанням, пов'язаним з плануванням, реалізацією та оцінюванням вартості та ефективності інвестиційних проєктів присвячено багато робіт фахівців-практиків інституту управління проєктами (PMI, США) [1], інших вітчизняних та закордонних науковців та спеціалістів в питаннях операційних покращень процесів та проєктного менеджменту [2 -5 та ін.]. Однак, в роботах зазначених авторів не достатньо уваги приділяється питанням практичної реалізації інвестиційних проєктів підприємств гірничо-металургійного комплексу в конкретних умовах українського бізнес-середовища, з врахуванням специфіки організації процесу планування, реалізацією та оцінюванням вартості та ефективності. Тому, на наш погляд, ці питання залишаються актуальними і потребують подальшого розгляду і проведення додаткового дослідження.

Таким чином, *метою* цього дослідження є встановлення можливостей підвищення операційної ефективності українських

підприємств гірничо-металургійного комплексу через призму впровадження інвестиційних проєктів, визначення конкретних кроків та змісту робіт з ініціації, планування, реалізації та оцінювання вартості та ефективності інвестиційних проєктів.

Для конкретного підприємства ГМК (ПРАТ «ІНГЗК») впровадження стратегічного проєкту (надалі – СП) згідно настанов та регламентів [1; 5-7] (рис. 1):



**Рис. 1. Процес реалізації інвестицій ПРАТ «ІНГЗК» (побудовано на підставі систематизації матеріалів [5-7])**

Організація та впровадження стратегічних інвестиційних проєктів (надалі – СІП) здійснюється через забезпечення процесів поетапного опрацювання проєкту (FEL (Front and Loading) – процес (загалом 5 етапів: від FEL-0 до FEL-4) за участю всіх зацікавлених сторін (рис. 2).



**Рис. 2. FEL процес в умовах базового підприємства (побудовано на підставі систематизації матеріалів [5-7])**

Інвестиційне проєктування (рис. 3) відіграє важливу роль у стратегічному розвитку підприємства через наступні аспекти:



**Рис. 3 – Аспекти інвестиційного проєктування ПРАТ «ІНГЗК» (угруповано на підставі матеріалів [1-7])**

Таким чином, визначені аспекти (рис. 2) дозволяють увявити процес інвестиційного проектування, що створює фундамент для стратегічного розвитку базового підприємства, допомагаючи визначити його конкурентні переваги, місце на ринку та шляхи досягнення успіху в довгостроковій перспективі.

**Висновки.** Варто констатувати, що в умовах війни і обмежених ресурсів ретельне планування та бюджетування проектів забезпечення операційної ефективності та сталого розвитку є запорукою усунення зайвих втрат діяльності будь-якого підприємства. В умовах повномасштабних бойових дій український бізнес, зокрема гірничозбагачувальний комплекс, демонструє високу адаптивність та стійкість. Віримо, що завдяки зусиллям всіх українців при підтримці держави та донорів, українська економіка та громади мають всі шанси на відновлення та подальший розвиток.

### Перелік використаних джерел

1 Настанови Інституту проектного менеджменту США (Project Management Institute (PMI)): офіційний сайт. URL: <https://www.pmi.org>

2 Рекова Н. Ю., Латишева О. В., Мойсеєнко К. Є. Програми та проекти підвищення операційної ефективності: умови, складові та переваги впровадження. *Ефективна економіка*. №5. 2023. <https://www.nauka.com.ua/index.php/ee/article/view/1554>, DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.5.11>

3 Ровенська В.В., Латишева О.В., Смирнова І.І. Інструментарій забезпечення процедури ініціації та реалізації проектів підвищення операційної ефективності на підприємствах промислового комплексу України. *Трансформаційна економіка*. № 03 (08), 2024. С.45-51. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2024-8-6>

4 Офіційний сайт Метінвест холдинг. Звіти Метінвест холдинг. URL: <https://metinvestholding.com/ua/responsibility/socialreports>

5 Регламент інвестиційного процесу Групи Метінвест: СТП ІНГЗК 062-2024 «Порядок управління інвестиційним процесом в ПРАТ «ІНГЗК». 2024. 28 с.

6 Регламент інвестиційного процесу Групи Метінвест: 2023-MSS-PC-PM-000-042-00-UA. «Процедура управління якістю оцінки вартості проектів в ТОВ «МЕТІНВЕСТ СІЧСТАЛЬ». Дніпро. 2023. 14 с.

7 Регламент інвестиційного процесу Групи Метінвест: 2017-МІЕ-РР-ВМ-000-0092-04-RU. Регламент розрахунку і відстежування бюджетів стратегічних інвестиційних проектів у сфері відповідальності ТОВ «МЕТІНВЕСТ ІНЖІНІРИНГ». Дніпропетрівськ. 2015. 37 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-222>

**COST MANAGEMENT IN IMPLEMENTING NEW PRODUCTION PROCESSES FOR THE LAUNCH OF NEW PRODUCTS (CASE STUDY METINVEST-PROMSERVICE, LLC)**

**УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ НОВИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ВИПУСКУ НОВОЇ ПРОДУКЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ ТОВ «МЕТІНВЕСТ-ПРОМСЕРВІС»)**

**Kharchenko O.S.,**  
*PhD (Economics),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Харченко О.С.,**  
*к.е.н.,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна*

**Isachenko D.Yu.,**  
*Student (group 073-22-1p)  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Ісаченко Д.Ю.,**  
*студентка гр. 073-22-1п,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна*

ТОВ «МЕТІНВЕСТ – ПРОМСЕРВІС» (далі «МПС») входить до Групи Метінвест і є найбільшим підприємством України з ремонту та сервісного обслуговування гірничо-металургійного обладнання.

МПС значною мірою залежить від замовлень з боку групи компаній «Метінвест», це може обмежувати можливості компанії в умовах зниження попиту з їхнього боку; компанія може стикатися з високими витратами на обслуговування і модернізацію обладнання, що негативно впливає на фінансові показники; проблеми з утриманням і залученням кваліфікованих працівників можуть знижувати ефективність роботи та якість обслуговування; діяльність компанії сильно залежить від економічної ситуації в конкретному регіоні, економічні спади можуть негативно впливати на її фінансові результати. Коливання в економіці країни можуть негативно впливати на фінансовий стан компанії, зокрема, через зниження попиту на її послуги або збільшення вартості ресурсів; аварії, поломки обладнання або інші техногенні ризики можуть призвести до значних фінансових втрат і шкоди репутації компанії, втрата висококваліфікованих працівників може негативно вплинути на якість надаваних послуг і сповільнити процес виконання замовлень, політична нестабільність, військові конфлікти або інші геополітичні фактори можуть порушити діяльність компанії, особливо якщо вони впливають на ключові ринки або постачання.

На основі проведених досліджень внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства, запропоновано можливості його розвитку через

диверсифікацію виробничої діяльності: розширення асортименту продукції та проникнення у нові сфери діяльності, освоєння нових виробництв.

Запропоновано диверсифікувати діяльність підприємства виробництвом елементів покрівельного покриття та водозливної системи. Цілі диверсифікації – підвищення обсягу доходів та прибутків підприємства шляхом розширення напрямів виробничої діяльності в уже освоєній сфері, такій як гофрування металу, виробництво вентиляційних систем, досягнення економії за рахунок ефекту масштабу та посилення стійкості на ринку до впливу зовнішніх факторів.

Для виробництва покрівельного покриття та водозливної системи запропоновано створити виробничий підрозділ – цех. Для виробництва продукції пропонується використання трьох видів матеріалу, – металу чорного (неоцинкованого), металу оцинкованого і матеріалу німецького виробництва підвищеної міцності. З метою забезпечення антикорозійних властивостей виробів передбачається використання порошкового полімеру.

Вихідними даними для побудови плану виробництва металопродукції є наступні [4]: метал чорний – 42,9 грн/кг; метал оцинкований – 49,7 грн/кг; німецький матеріал – 75,3 грн/кг; полімер (порошок) – 120,0 грн/кг.

Структура виробництва включає сім видів елементів. У табл. 1 наведені обсяги випуску продукції за асортиментними групами і вихідним матеріалом.

Таблиця 1

**Обсяги випуску продукції в натуральному вираженні  
в квартал, потреба та ціна матеріалів**

№ п/п	Найменування елемента	Потреба та ціна матеріалу			Ціна полімеру
		Метал чорний, кг	Метал оцинкований, кг	Німецький матеріал, кг	
1.	Ринва	380	425	400	155 грн./кг
2.	Вирва	30	45	55	
3.	Коліно	150	180	210	
4.	Кронштейн ринви	570	855	85	
5.	Фронтонне покриття	300	350	450	
6.	Віконний відлив	370	850	780	
7.	Металева черепиця	2900	2900	3100	

Після проведених розрахунків витрат матеріалів, аналізу пропозицій постачальників та потреб матеріалів на квартальну виробничу програму цеху було розраховано витрати цеху за елементами витрат на місяць, ця сума склала 2 933 995,20 грн.

Керівництву підприємства необхідно прийняти рішення щодо вибору місця для розташування цеху з виробництва продукції, зважаючи на те, що підприємство планує нарощувати обсяги виробництва у середньо терміновій перспективі та розширювати асортиментну структуру. Попередньо визначено два можливих регіони для розташування цеху – район Заводський та район Леваневського м. Запоріжжя. Після проведення факторно-рейтингового аналізу привабливості розташування виробництва, запропоновано район Заводський м. Запоріжжя як найбільш привабливий для розміщення нових виробничих потужностей підприємства.

Враховуючи те, що підприємство планує виведення на ринок нового продукту, для випуску якої планує введення в експлуатацію нових нового цеху, запропоновано певний алгоритм дій, об'єднаних у етапи запису нового виробництва, розроблено діаграму Ганта із зазначенням кількості діб, потрібних для виконання кожного з етапів. Загальна тривалість робіт с запуску нового виробництва склала 50 діб.

Для удосконалення системи управління витратами компанії рекомендовано регулярно аналізувати витрати, щоб виявляти неефективні витрати і знаходити шляхи їх оптимізації. Основні напрямки вдосконалення включають покращення якості послуг через впровадження єдиних стандартів, вибір більш ефективної ERP-системи (SAP), підвищення кваліфікації персоналу, використання аутсорсингу для зниження витрат, переведення адміністративного персоналу на віддалену роботу та перехід на відрядно-преміальну систему оплати праці. Це дозволить зменшити витрати та підвищити ефективність бізнесу.

### **Перелік використаних джерел**

1. Бондарчук, О. А. Управління витратами підприємства: теорія і практика / О. А. Бондарчук. Дніпро: ДДАЕУ, 2021. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/4400/1/Бондарчук.pdf>.
2. Утека. Директ-костинг: оволодіваємо разом // Утека. 2021. URL: <https://uteka.ua/publication/commerce-12-biznes-dosvid-46-direkt-kostingopanovuyemo-razom>.
3. GARRISON, Ray H., NOREEN, Eric W., BREWER, Peter C. Managerial Accounting. 17th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.
4. Метінвест-СМЦ. URL: <http://surl.li/rmixx>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-223>

**MARKETING AND CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY:  
ANALYSIS OF INTERCONNECTIONS AND IMPACT**

**МАРКЕТИНГ І КОРПОРАТИВНА СОЦІАЛЬНА  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ: АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ТА ВПЛИВУ**

**Kharchenko O.S.,**  
*PhD (Economics),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Харченко О.С.,**  
*к. е. н., ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна*

**Stebunov O.O.,**  
*Student (group 073-22-1p)  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Стебунів О.О.,**  
*студент гр. 073-22-1п,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна*

Впровадження корпоративної соціальної відповідальності (КСВ) в українських компаніях – необхідний крок для забезпечення сталого розвитку та підвищення конкурентоспроможності національної економіки. КСВ сприяє створенню сприятливого іміджу компанії, що своєю чергою підвищує довіру споживачів та інвесторів. Це особливо важливо в умовах глобалізації, коли українським компаніям доводиться конкурувати на міжнародних ринках. Крім того, КСВ дає змогу компаніям більш ефективно реагувати на соціальні та екологічні виклики, що стоять перед суспільством, і робити свій внесок у поліпшення якості життя населення.

Інтеграція КСВ у стратегію розвитку компанії сприяє підвищенню її внутрішньої ефективності: співробітники компанії, які активно впроваджують КСВ, зазвичай демонструють вищу мотивацію та задоволеність роботою, позитивно впливають на продуктивність праці та знижують плинність кадрів. Таким чином, КСВ стає важливим інструментом для досягнення довгострокових економічних вигод, забезпечення сталого розвитку компаній та їхньої адаптації до змін зовнішнього середовища.

Інтегруючи КСВ в маркетингові стратегії, компанії можуть не тільки виконувати економічні функції, а й позитивно впливати на соціальні та

екологічні аспекти життя суспільства. Це включає дотримання етики, прозорість ділової поведінки та підтримку соціальних ініціатив, що в кінцевому підсумку підвищує довіру споживачів та зміцнює репутацію бренду. Впроваджуючи КСВ в маркетингову діяльність компанії, підприємства можуть домогтися довгострокових економічних вигод, таких як підвищення лояльності клієнтів і залучення нових споживачів.

В Україні корпоративну соціальну відповідальність часто асоціюють із меценатством, благодійністю або спонсорством. Благодійність та меценатство – це діяльність, яка не має на меті отримання прибутку, комерційних цілей. Спонсорство ж – це діяльність, основною ціллю якої є взаємовигідний обмін (часто в обмін на рекламу) та отримання додаткового доходу. Корпоративна соціальна відповідальність також не є проявом філантропії чи безкорисливою допомогою певній групі людей або суспільству загалом. Компанії, які дотримуються принципів соціальної відповідальності, прямуючи шляхом збільшення власних прибутків, створюють додаткові вигоди для всіх зацікавлених сторін та суспільства [1].

Дані тенденції сприяють розвитку інститутів та спільнот соціальної відповідальності в Україні. Однією з таких організацій є Центр «Розвиток корпоративної соціальної відповідальності», який був заснований у 2008 р. Метою діяльності центру є впровадження соціальної відповідальності задля системних і якісних змін в Україні. Центр об'єднує 40 компаній України (ЕУ, «Небесна криниця», «Василь Кісіль і Партнери», «Нова пошта», «ДТЕК», «Артеріум», «Оболонь», «1+1», «Watsons Україна», Nestle, SoftServe). Близько 20 компаній виступають партнерами Центру КСВ в освітніх проектах

(Ericsson, Samsung, Melexis, Syngenta, «Київстар» та ін.). Центр працює на всій території України з більш ніж 100 компаніями, 200 університетами, 20 школами, 60 державними компаніями і 40 муніципалітетами [1].

Одним із прикладів чітко вибудованої системи корпоративної соціальної відповідальності, інтегрованої в маркетингову стратегію є підприємства групи «Метінвест». Розгалужена система програм корпоративної соціальної відповідальності, що реалізуються на базі підприємств групи охоплює екологічні аспекти, питання безпеки праці та здоров'я співробітників, регіональний розвиток громад присутності, підтримку інноваційних ідей та рішень, широку соціальну активність та різні формати соціального партнерства [2].

Особливої уваги потребують програми підприємств групи «Метінвест», які реалізуються в рамках підтримки Збройних сил

України після початку повномасштабного вторгнення. На даний час підприємства групи надають всебічну підтримку ЗСУ за різними напрямками: закупівля засобів захисту в умовах війни, виготовлення протитанкових їжаків, виготовлення мобільних укриттів та госпіталів, закупівля транспорту для потреб окремих бригад тероброни, ветеранські програми підтримки [3, 4].

Регулярне висвітлення подій, пов'язаних з програмами КСВ сприяє підвищенню маркетингової активності підприємства. Інформаційні кампанії, що акцентують увагу на соціальних ініціативах компанії, створюють додаткові можливості для взаємодії з цільовою аудиторією та зміцнення її лояльності. Крім того, такі заходи допомагають виділитися серед конкурентів, демонструючи унікальність та відповідальність бренду.

Реалізація програм соціальної відповідальності, спрямованих на таку групу стейкхолдерів як робітники підприємства, формують позитивну репутацію та сильний бренд роботодавця, що є невід'ємною частиною позиціонування підприємства на національному ринку.

Корпоративна соціальна відповідальність передбачає врахування компанією інтересів усіх своїх стейкхолдерів у різних формах прояву етичної, альтруїстичної і стратегічної відповідальності.

Соціально відповідальна діяльність компанії, спрямована на визначення потреб, бажань та інтересів споживачів та їх задоволення у спосіб, спрямований на покращання якості життя і їх, і суспільства в цілому, що здійснюється в межах середньо– і довгострокової загальної фірмової стратегії розвитку, є ознакою реалізації концепції соціально відповідального маркетингу [5].

Соціально відповідальний маркетинг можна розглядати як прикладне втілення концепції корпоративної соціальної відповідальності, в основі якої лежить ідея про можливість побудови довгострокової соціальної відповідальності шляхом реагування на потреби та інтереси клієнтів у спосіб, що має довгостроковий позитивний вплив на добробут клієнтів і суспільства в цілому, а також на фінансову та ринкову позицію компанії. Основна увага приділяється побудові партнерських відносин.

### **Перелік використаних джерел**

1. Фещур І.В. Корпоративна соціальна відповідальність у маркетинговій діяльності українських підприємств. Східна Європа: економіка, бізнес та управління. 2018. №5 (16). С. 181-186.

2. Метінвест: Сталій розвиток. URL: <https://metinvestholding.com/ua/responsibility> (дата звернення: 29.10.2024)

3. Автоцехи «Метінвесту» передали теробороні 50 автомобілів. URL: <https://gmk.center/ua/news/avtotsekhy-metinvestu-peredaly-teroboroni-50-avtomobiliv/> (дата звернення: 29.10.2024)

4. Серце Азовсталі. URL: <https://steelfront.scm.com.ua/pro-serce-azovstali> (дата звернення: 29.10.2024)

5. Козин Л.В. Соціально відповідальний маркетинг і корпоративна соціальна відповідальність: зв'язок концепцій. Економіка та управління підприємствами. 2016. №9. С. 316-321.

6. Українська металургія: новий рівень соціальної відповідальності. URL: <https://gmk.center/ua/opinion/ukrainska-metalurgiya-novij-riven-socialnoi-vidpovidalnosti/> (дата звернення: 29.10.2024)

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-224>

## HYPERPERSONALIZATION MARKETING STRATEGY IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

## МАРКЕТИНГОВА СТРАТЕГІЯ ГІПЕРПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ В ЕПОХУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

<b>Kharchenko O.S.,</b> <i>PhD (Economics), LLC "Technical university "Metinvest polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine</i>	<b>Харченко О.С.,</b> <i>к.е.н., ТОВ «технічний університет «Метінвест політехніка» м. Запоріжжя, Україна</i>
---	--

Штучний інтелект має величезний вплив на практично всі сфери маркетингу сьогодення: автоматизований збір та обробка даних клієнта, маркетингові стратегії тестування та створення контенту. Враховуючи той факт, що технології штучного інтелекту продовжують свій динамічний розвиток, надаючи все більше інструментарію для маркетологів, однією із найперспективніших сфер використання ШІ в маркетингу є гіперперсоналізація – використання інтелектуальних алгоритмів для персоналізованої пропозиції товарів та послуг [1].

За даними Forbes 62% клієнтів очікують від брендів все більшої персоналізації. Враховуючи тенденцію серед споживачів до постійного підвищення вимог до компаній, бажання відчувати свою значимість та очікування індивідуальних пропозицій, маркетингова стратегія

гіперперсоналізації у вибудові комунікації із кожним клієнтом виходить на перший план [2].

Під гіперперсоналізацією в маркетингу слід розуміти процес створення пропозиції продукту, послуги, сервісу за запитом потенційних споживачів на основі зібраних даних із залученням штучного інтелекту в режимі реального часу. Такий підхід дозволяє докорінно змінити маркетингову стратегію роботи із клієнтами, створюючи умови для практично індивідуального обслуговування за допомогою автоматизованих процесів та ШІ. В основі системи гіперперсоналізованого підходу роботи із клієнтом лежить ШІ та машинне навчання, збір даних з різних джерел: власна CRM компанії, сайти, різноманітні мобільні додатки. Вже на основі своєї CDP (customer data platform) – бази даних, в якій збирається, зберігається та структурується інформація про клієнта та його активності, формується єдиний профіль клієнта, що стає основою для персоналізованих звернень: e-mail розсилки, push та SMS повідомлень, повідомлень в месенджерах та соціальних мережах.

Головна відміна гіперперсоналізації від попереднього підходу – персоналізації, полягає саме в тому, що остання заснована на раніше зібраних даних та досвіді LAL аудиторій. Гіперперсоналізація це детальний та глибокий аналіз дій та вподобань споживачів в режимі реального часу із подальшою можливістю прогнозування, що стала доступною за допомогою ШІ.

Одними з флагманів впровадження гіперперсоналізації в маркетингову стратегію стали стрімінгові сервіси. Компанія Netflix робить пропозицію своїх медіа-продуктів на основі аналізу великого обсягу даних про клієнта і вже спираючись на них рекомендує фільми та серіали за певним сюжетом та жанром, враховуючи цінності та особисті вподобання користувачів.

Другими за стрімінговими сервісами гіперперсоналізацію почали використовувати гіганти електронної комерції Amazon та AliExpress: досягнута ними точність рекомендацій товарів стала можливою лише за умови врахування не тільки попередніх покупок, а й дій користувачів на платформі (перегляд певних товарів, відгуків, збереження товарів до «улюблених» та інше). Використання гіперперсоналізації в електронній комерції можливо навіть для незареєстрованих/неавторизованих користувачів: для таких клієнтів алгоритм формує індивідуалізовані пропозиції товару, що складає на основі його дій на сайті в режимі реального часу.

Найбільш перспективнішими напрямками для використання підходу гіперперсоналізації в маркетингу залишаються: реклама (оголошення мають 100% відповідність очікуванням клієнтів); рекомендації (актуальний інструмент для он-лайн платформ, що робить пропозиції клієнтам в режимі реального часу, базуючись на його діях на сайті/додатку); повідомлення в режимі реального часу (клієнт отримує тільки актуальні для нього повідомлення системи лояльності та акційні персоналізовані пропозиції).

Крім того, гіперперсоналізація є невід'ємною частиною вибудови ланцюжка комунікації із клієнтами. Саме завдяки цьому підходу компанії мають змогу максимально індивідуалізувати спілкування із клієнтом через чат-ботів, враховуючи попереднє спілкування клієнта із брендом, щоб оперативно надавати відповіді та допомагати вирішувати проблеми клієнта.

Однак реалізація цього підходу несе в собі певні виклики, а саме:

1) збір та аналіз даних. Для ефективної гіперперсоналізації потрібні великі обсяги даних про поведінку, вподобання та характеристики клієнтів. Це може бути складно з точки зору збору, зберігання та аналізу цих даних. Не менш важливо, щоб дані були точними, актуальними та повними. Неякісні дані можуть призвести до неточної персоналізації та негативного досвіду для клієнтів;

2) захист персональних даних – це ще один суттєвий аспект, адже компанії зобов'язані гарантувати конфіденційність, відповідність GDPR та прозорість у цій сфері. Клієнти повинні мати чітке уявлення про те, які дані про них збираються, як вони використовуються та з ким ними діляться;

3) технічні складнощі, пов'язані з впровадженням, масштабуванням та інтеграцією рішень з іншими системами, потребують значних інвестицій та ресурсів. Рішення для гіперперсоналізації повинні інтегруватися з іншими маркетинговими та CRM-системами компанії;

4) етичні питання також виникають, адже гіперперсоналізацію не можна використовувати для маніпулювання клієнтами чи дискримінації. Клієнти повинні мати можливість зрозуміти, як працюють алгоритми гіперперсоналізації, які приймають рішення щодо того, який контент їм показувати;

5) вимірювання результативності та оптимізація кампаній гіперперсоналізації на основі даних – це складні завдання, які потребують ретельного підходу [3].

Враховуючи всі складнощі та виклики впровадження підходу гіперперсоналізації, переваги його використання дають якісніший

стрибок у розвитку клієнтських сервісів та просування власної продукції, послуг та сервісів компаній. Крім того, гіперперсоналізація допомагає компаніям скоротити шлях клієнта до здійснення покупки, підвищити лояльність до брендів компанії; збільшити ступінь залученості клієнтів; залучити нову аудиторію; автоматизувати та спростити роботу маркетингу; укріпити свої позиції на ринку та збільшити дохідність компанії.

### **Перелік використаних джерел**

1. 8 трендів диджитал-маркетингу 2024 року: від кампаній, орієнтованих на спільноти, до збору даних з перших рук URL: <https://blog.depositphotos.com/ua/trendi-marketingu-2024.html> (дата звернення: 30.10.2024)

2. Why TikTok advice to report your ex to the IRS doesn't always add up. URL: <http://surl.li/vlmrom> (дата звернення: 30.10.2024)

3. Кравець, А. Гіперперсоналізація у сфері розвитку цифрового маркетингу [Текст] / Анастасія Кравець // Нейромаркетинг, штучний інтелект та цифровий маркетинг: проблеми та перспективи : зб. тез доп. II Всеукр. наук.-практ. конф. студ., аспірантів та молод. вчених [Тернопіль, 23-24 трав. 2024 р.]. – Тернопіль : ЗУНУ, 2024. – С. 139-141.

4. What is Hyper-Personalization? Why Is It Powered by Data, Analytics and AI? URL: <http://surl.li/cwhnmz> (дата звернення: 30.10.2024)

5. Hyper-Personalization in Marketing: The Future of Customer Engagement URL: <http://surl.li/rfexsw> (дата звернення: 30.10.2024)

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-225>

**IMPROVING OF FINISHED STEEL EXPORTER'S OPERATIONAL  
EFFICIENCY BASED ON ANALYSIS AND FORECASTING  
OF EU MARKET DEMAND**

**ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПОРТУ  
СТАЛЬНОГО ПРОКАТУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ  
ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА РИНКУ ЄС**

**Tsybmal A.V.,**

*Student (group 051-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

*Scientific supervisor: **Latysheva O.V.,**  
PhD (Economics),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Цимбал А.В.,**

*студент гр.051-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна; e-mail:*

*anna.tsybmal@tipolytech.education  
Науковий керівник: **Латишева О.В.,**  
Латишева О.В., к.е.н., ТОВ  
«Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

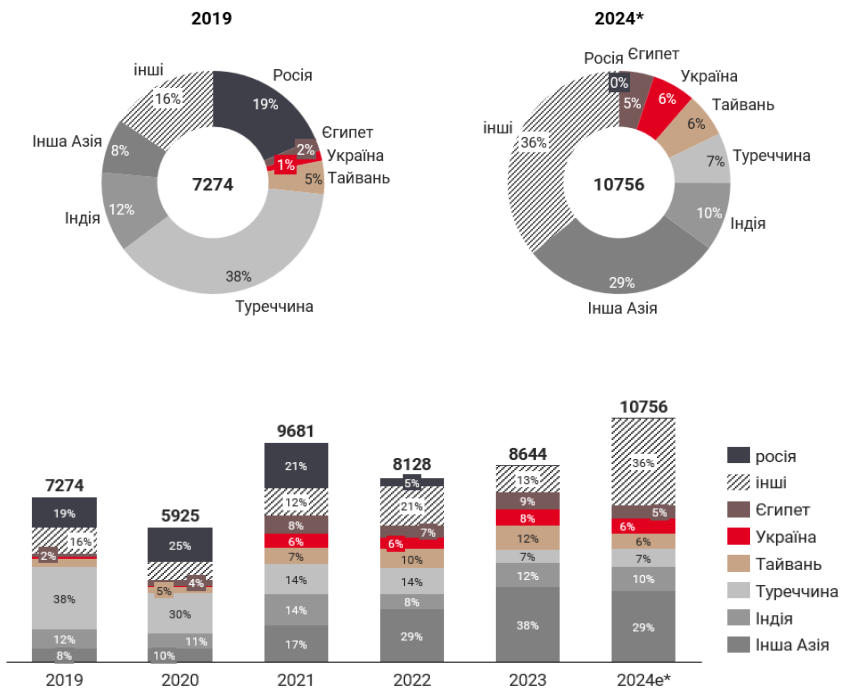
**Постановка проблеми.** Металургійна галузь є ключовою для економіки України, забезпечуючи значну частку експорту, створюючи робочі місця та приносячи валютні надходження. Експорт сталевого прокату, як одного з основних продуктів галузі, є критично важливим джерелом доходів України.

Підвищення експортних продажів металургійних підприємств залежить від багатьох економічних, регуляторних та геополітичних факторів.

Враховуючи наявні внутрішні економічні та політичні виклики в Україні, операційна ефективність експортерів стає критично важливою для конкурентоспроможності бізнесу на світових ринках. В цих умовах ринок ЄС є одним з найбільших споживачів металургійної продукції українських виробників, забезпечуючи стабільний попит на сталевий прокат для будівництва, автомобілебудування та інших секторів національної. Це зумовлено, по-перше, географічною близькістю ринку ЄС, що забезпечує швидкий доступ до клієнтів і знижує логістичні витрати; по-друге, безмитному режиму, що дозволяє експортувати продукцію без сплати митних зборів; стабільному попиту на продукцію,

особливо в контексті розвитку інфраструктури та екологічно чистих технологій.

Проте, українські металургійні підприємства стикаються з жорсткою конкуренцією на європейському ринку сталі, особливо зі сторони Китаю, Туреччини, Індії, Єгипту та ін. Ці країни (рис. 1) мають значні виробничі потужності та можуть пропонувати сталеву продукцію за конкурентними цінами. Щоб утримати свою частку на ринку ЄС, українські виробники мають швидко реагувати на зміни в попиті та вимоги ринку, постійно підвищувати якість та конкурентоспроможність продукції.



**Рис. 1. Структура та динаміка імпорту гарячекатаного рулона (надалі – ГКР) в ЄС за 2019-2024 рр, млн.т (побудовано автором на підставі систематизації статистичних та аналітичних даних [4])**

Примітка: \* за 2024 рік дані змодельовані на основі фактичних даних за 7 міс. 2024 р.

Слід зазначити, що загальна динаміка попиту на сталь залишається невизначеною в Європі, що підвищує конкурентну боротьбу на фоні все більш жорстких вимог до якості та екологічності.

В умовах поточного стану металургійної галузі, існуючих можливостей та викликів [1–5 та ін. ] згідно нормативів, угод та механізмів сталого розвитку (Європейська зелена угода – «Green Deal», механізми вуглецевого коригування на кордонах – «СВАМ» та ін.) українським підприємствам необхідно забезпечити впровадження програм екологічно спрямованої модернізації виробничих потужностей, які дозволять уникати додаткових втрат ресурсів, екологічних ризиків та штрафних санкцій, забезпечать конкурентоспроможність та енергоефективність.

Воєнний конфлікт в Україні змусив підприємства гірничо-металургійного комплексу (надалі – ГМК) шукати нові логістичні маршрути для зменшення ризиків, реалізовувати нові системи управління ланцюгами поставок (для збереження доступу до зовнішніх ринків, зокрема ринку ЄС), інвестувати в сучасні екологічно новації, в автоматизацію і впровадження цифрових рішень для управління виробництвом і логістикою.

Проведене дослідження поточного стану ГМК [1-5], а також умов та вузьких місць базового підприємства щодо покращення умов експорту сталевого прокату на ринок ЄС пропонується прийняття програм розвитку за наступними напрямками:

1. Реалізація спільних з державою та міжнародних донорів проєктів, націлених на розвиток інфраструктури та бізнесу.

2. Гнучке планування обсягів виробництва та оптимізація асортименту на підставі використання даних моделювання та прогнозування попиту з врахуванням цінових трендів та коливань валют, даних аналізу споживання в різних країнах ЄС (з метою зменшення витрат та прискорення поставок, а також оптимізації портфеля продукції)

3. Оптимізація логістичних процесів, у т.ч. через відновлення морського експорту, створення складів продукції ближче до основних ринків збуту для забезпечення попиту тощо.

**Висновки.** Отже, забезпечення конкурентоспроможності металургійних підприємств на основі підвищення ефективності експортних продажів сталевого прокату на ринок ЄС є критично важливим для збереження конкурентних переваг української металургії. В умовах воєнного стану, важливим є кооперація з державою, сумісні зусилля щодо розвитку інфраструктури і забезпечення безпеки. Це

дозволить знизити витрати, підвищити якість продукції, відповідати екологічним стандартам ЄС та зміцнити позиції на європейському ринку в умовах зростаючої глобальної конкуренції. Для збереження доступу до зовнішніх ринків, зокрема ринку ЄС, заходи енергоефективності та використання сучасних технологій, зможуть забезпечити сталість поставок на європейський ринок.

### **Перелік використаних джерел**

1. Шкрабак І.В., Латишева О.В., Шевченко Н.Ю. Управління матеріальними ресурсами в бізнес – процесах гірничо-металургійних компаній на засадах Performance Management. Економічний вісник Донбасу. Випуск 3 (69). 2022. С. 66-73

2. Shevchenko Natalia, Moiseienko Kostiantyn, Latysheva Olena. Project implementation of corporate information systems (ERP and MES) as a guarantee for increasing the operational efficiency of the enterprise. Економічний вісник Донбасу. № 4 (70) . 2022. С.87-92

3. Офіційний сайт «Gmk.center». URL: <https://gmk.center/ua/analytics/>

4. Eurofer Economic and steel market outlook 2024-2025, fourth quarter. URL: Economic and steel market outlook 2024-2025, fourth quarter

5. What is the Ukraine grain deal and what good has it done? BBC: Website. 26.09.2023. URL: <https://www.bbc.com/news/world-61759692>

6. The imports content of exports. OECD.Stat: Website. 2023. URL: <https://stats.oecd.org>

7. Офіційний сайт МетінвестХолдингу. URL: <https://metinvestholding.com/ua>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-226>

## INFLUENCE OF ECOLOGICAL BACKPACK COMPONENTS ON IRON ORE PRODUCTION COST

### ВПЛИВ СКЛАДОВИХ ЕКОЛОГІЧНОГО РЮКЗАКА НА СОБІВАРТІСТЬ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ

**Cherevatskyi D.Yu.,**

*DSc (Economics),  
Senior research Fellow,  
Institute of industrial economics  
of the National Academy of Sciences  
of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine*

**Череватський Д.Ю.,**

*д.е.н.,  
старший науковий співробітник,  
Інститут економіки промисловості  
НАН України,  
м. Київ, Україна*

**Bash V.O.,**

*Master, Institute of industrial  
economics of the National Academy  
of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine*

**Баш В.О.,**

*магістр,  
Інститут економіки промисловості  
Національної академії наук України,  
м. Київ, Україна*

**Bojko O.V.,**

*Master, Institute of industrial  
economics of the National Academy  
of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine*

**Бойко О.В.,**

*магістр, Інститут економіки  
промисловості  
Національної академії наук України,  
м. Київ, Україна*

У 1992 р. науковець Фрідріх Шмідт-Блік (F. Schmidt-Bleek) із німецького Вуперталю запропонував поняття екологічного рюкзака (Ecological backpack, Ecological rucksack) як характеристику прихованих матеріальних потоків [1]. Прихованим матеріальним потоком є, наприклад, 50 т води, яка витрачається при виробництві сталі. «Факторами рюкзака» є п'ять чинників: біотичні матеріали; абіотичні матеріали; вода; повітря; ґрунт, що зазнав пересувань [2]. У роботі [3] автори на підставі багаторічних спостережень узагальнили параметри екологічного рюкзака залізної руди, яка видобута шахтами компанії «Суха Балка» (м. Кривий Ріг, Україна) – табл. 1. Складові екологічного рюкзака приведено до 1 т видобутої руди.

Таблиця 1

**Параметри екологічного рюкзака рудника «Суха балка», кг/т руди**

Складова екологічного рюкзака	Основний рівень	Максимальне значення	Мінімальне значення
Біотичні матеріали	1,452	2,111	0,792
Абіотичні матеріали	9,008	11,556	6,461
Вода	694,468	943,041	445,893
Повітря	6756,863	8861,311	4652,415
Ґрунт	138,497	182,547	94,446

Метою цієї роботи є визначення впливу складових екологічного рюкзака рудника на собівартість видобутку залізної руди по підприємству. Методом дослідження є регресійний аналіз. Предикторні перемінні – фактори екологічного рюкзака, залежна перемінна – собівартість видобутку руди.

Дослідження виконано на підставі спостережень 2000-2021 рр. Собівартість видобутої руди перераховано за Індексом «Біг Мака» (Big Mac Index) від журналу “The Economist”. Щоб дізнатися про реальний курс гривні до долару США потрібно знати ціни на гамбургери в нью-йоркському і київському ресторанах McDonald’s.

Показники табл. 1 було використано для стандартизації (від «мінус» 1 до «плюс» 1) даних, що відповідають складовим екологічного рюкзака.

Отже, завданням дослідження є пошук найбільш впливових стосовно функції відгуку, якою є собівартість видобутку руди, вхідних перемінних, якими є складові екологічного рюкзака.

$$c = f(x_i), \quad (1)$$

де  $c$  – собівартість видобутку руди по підприємству, дол./т;

$x_i$  –  $i$ -та складова екологічного рюкзака у стандартизованому вигляді, часток од., зокрема:

$x_1$  – біотична складова екологічного рюкзака;

$x_2$  – абіотична складова;

$x_3$  – вода;

$x_4$  – повітря;

$x_5$  – ґрунт.

Табл. 2 містить дані щодо перемінних.

Таблиця 2

**Значення перемінних, які враховано в процесі вирішення завдання**

Рік	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$c$
2000	0,749	-0,856	-1,000	-0,938	-0,062	8,55
2001	1,000	-0,636	-0,581	-0,755	1,000	10,90
2002	0,166	-0,930	-0,789	-0,869	-0,230	9,77
2003	0,653	-1,000	-0,950	-0,968	-0,383	9,26
2004	0,828	-0,946	-0,944	-0,920	-0,565	10,65
2005	0,623	-0,961	-0,891	-1,000	-0,804	15,75
2006	0,299	-0,734	-0,507	-0,758	-0,629	20,51
2007	0,055	-0,516	0,224	-0,539	-0,482	25,43
2008	-0,224	0,800	0,080	-0,556	-0,426	33,65
2009	-0,438	1,000	1,000	1,000	-1,000	34,88
2010	0,136	0,737	0,612	0,305	-0,456	45,50
2011	0,410	0,795	-0,496	-0,320	0,104	45,37
2012	-0,246	0,673	-0,622	-0,338	0,262	50,56
2013	-0,281	-0,018	-0,822	-0,683	0,093	51,44
2014	-0,312	0,015	-0,896	-0,710	-0,081	37,67
Закінчення табл. 2						
2015	-0,541	0,536	-0,706	-0,778	-0,416	25,89
2016	-1,000	-0,327	-0,254	-0,523	-0,685	19,18
2017	-0,536	-0,234	-0,157	-0,539	-0,798	30,89
2018	-0,713	-0,260	-0,625	-0,480	-0,425	27,28
2019	-0,910	-0,463	-0,654	-0,407	0,941	29,35
2020	-0,985	-0,696	-0,538	-0,293	0,604	31,66
2021	-0,982	-0,497	-0,681	-0,382	0,757	42,18

Щоб вибрати найбільш значущі за статистичним впливом на функцію собівартості перемінні, застосовано підхід Forward Stepwise Regression, який є підходом із поетапної регресії, що починається з нульової моделі та додає змінну, яка найбільше покращує модель, одну за раз, доки не буде виконано критерій зупинки.

Регресія, що одержана, має вид

$$c = 31,4 + 14,2x_2. \quad (2)$$

Характеристика отриманої регресійної залежності:  $R=0,826$ ;  $R^2=0,682$ ; Adjusted  $R^2=0,628$ ;  $F(3,18)=12,836$ ;  $p<,00010$ ; Std.Error of estimate: 8,428.

Отже, на підставі виконаних досліджень можна зробити висновок про те, що екологічні чинники, пов'язані з видачою на поверхню забруднених шахтних вод, переробкою повітря, кількість якого є набагато більшою, ніж обсяг видобутої руди, пересування ґрунтів (шахтної породи) не мають статистично значущого впливу на собівартість продукції. Впливовими є тільки витрати технологічних матеріалів і енергетичних ресурсів.

### **Перелік використаних джерел**

1. Schmidt-Bleek, F. Will Germany remain a good place for industry? The ecological side of the coin. *Fresenius Environmental Bulletin*. 1.7.1992. 417-422.
2. Saurat M., Ritthoff M. Calculating MIPS 2.0. Resources. 2013. 2. 581-607. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources2040581>.
3. Череватський Д.Ю., Баш В.О., Бойко О.В. Матеріальні потоки, що супроводжують видобуток залізної руди шахтним способом. International scientific conference (Riga, the Republic of Latvia, 29-30 Nov.2023). 2023. 208-211. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-67>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-227>

**THE DYNAMICS OF PROSUMERISM  
IN THE EUROPEAN ELECTRICITY SECTOR**

**ДИНАМІКА ПРОСЬЮМЕРИЗМУ В ЄВРОПЕЙСЬКІЙ  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ**

**Cherevatskyi D.Yu.,**

*DSc (Economics),  
Senior research Fellow, Institute of  
industrial economics of the National  
Academy of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine*

**Череватський Д.Ю.,**

*д.е.н., старший науковий  
співробітник,  
Інститут економіки промисловості  
Національної академії наук України,  
м. Київ, Україна*

**Cheyliakh D.D.,**

*Mining Engineer, Institute of industrial  
economics of the National Academy  
of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine*

**Чейлях Д.Д.,**

*гірничий інженер,  
Інститут економіки промисловості  
Національної академії наук України,  
м. Київ, Україна*

**Kolibaba M.V.,**

*Master, Institute of industrial  
economics of the National Academy  
of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine*

**Колібаба М.В.,**

*магістр,  
Інститут економіки промисловості  
Національної академії наук України,  
м. Київ, Україна*

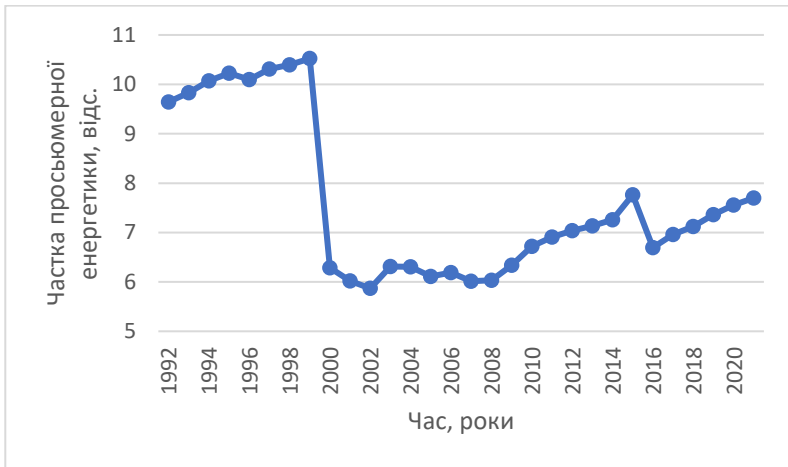
Просьюмер – сучасний неологізм, аббревіатура від слів producer, тобто виробник, і consumer, тобто споживач. У світовій енергетиці в обігу частіше використовуються інші терміни – autoproducer (самовиробник), captive power plant (власна електростанція), embedded generation (вбудована генерація). Загалом це об'єкти, які локально забезпечують електроенергією певного споживача.

Власні електростанції частіше мають застосування в енергоємних галузях промисловості, де безперервність і якість енергопостачання є вирішальними, наприклад, металургійні (особливо алюмінієві), хімічні заводи, шахти, та ін. Тема є важливою для досліджень і стає все більше актуальною. Стаття [1], наприклад розглядає аутопродукцію електрики у Данії за період з 1960 р. Зараз, із поширенням енергетики на відновлюваних джерелах, відбувається стрімке збільшення кількості просьюмерів і в менш енергоємних галузях промисловості [2, 3]. Метою

цієї роботи є визначення на прикладі Європи характеру тенденцій просьюмерної енергетики.

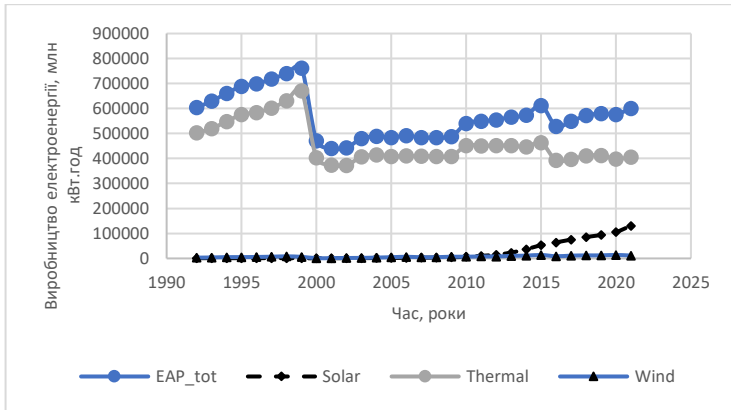
Дослідження виконано за методом кейсів на підставі спостереження функціонування електроенергетики Європи за період 1992-2021 рр. Джерело даних – UN Data [4].

Рис. 1 демонструє динаміку розвитку електроенергетичного просьюмеризму (Autoproducers, AP) в Європі на тлі макрогенерації. Частка самозабезпечення електричними ресурсами в минулому була набагато більшою і в 1999 р. сягала 10,5%. Але наприкінці ХХ століття багато країн розпочали реформування електроенергетики, відбувся розподіл вертикально-інтегрованих монополій на окремі бізнеси і перехід на ринкове господарювання. Це збіглося зі стрімким зменшенням частки електрики, що вироблена аутопродюсерами.



**Рис. 1. Частка просьюмерної електроенергетики в Європі по роках**

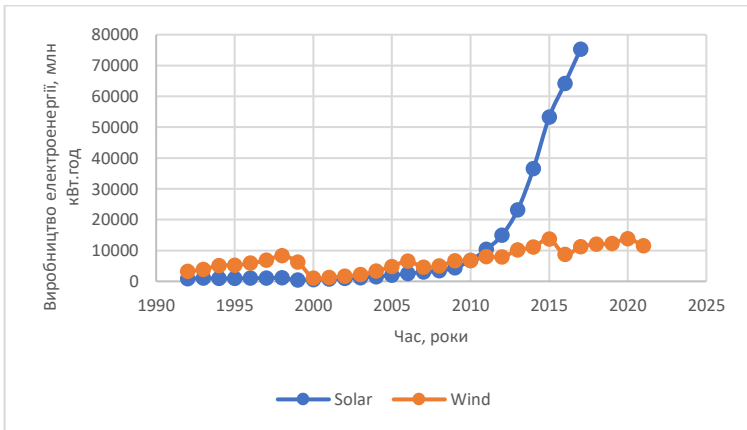
Рис. 2 дає уявлення щодо динаміки генерації електрики просьюмерами за видами електростанцій.



**Рис. 2. Динаміка розвитку європейської просьюмерної електроенергетики**

EAP\_tot – загальне аутопродюсоване виробництво; Solar – сонячні станції; Wind – вітрові; Thermal – тепла енергетика.

Рис. 3 дає підстави вважати, що розвиток просьюмеризму в сфері сонячної «зеленої енергетики» є стрімкішим, ніж у галузі вітрової енергетики.



**Рис. 3. Динаміка розвитку європейської просьюмерної електроенергетики: сонячна та вітрова генерація**

В останні роки відбувається зростання кількості електроенергії, яка вироблена споживачами на задоволення власних потреб. Найбільш потужними просьюмерами залишаються власники теплових електростанцій, що працюють на викопному паливі.

#### **Перелік використаних джерел**

1. Van der Vleuten, E. Autoproduction of electricity: cases from Danish industry until 1960. *Polhem*. 1996. 14. 118-154.
2. Ruth, C.E., et al. Electricity autoproduction, storage and billing: A case study at Dundalk Institute of Technology, Ireland. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2019. 35. 257-264.
3. Nagovnak, P., et al. Improving the methodology of national energy balances to adapt to the energy transition. *Energy Strategy Reviews*. 2022. 44. 100994.
4. Energy Statistics Database. URL: <http://data.un.org/explorer.aspx>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-228>

### **USE OF ERP SYSTEMS TO OPTIMIZE THE PLANNING OF PRODUCTION PROGRAMS AND INCREASE OPERATIONAL EFFICIENCY**

### **ВИКОРИСТАННЯ ERP-СИСТЕМ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОГРАМ ТА ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

**Chernyshev S.P.,**  
*Student (group 051-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чернишев С.П.,**  
*студент гр. 051-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Shevchenko N.Yu.,**  
*PhD (Economics), Associate Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Шевченко Н.Ю.,**  
*к.е.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Поточна економічна та соціальна ситуація, що характеризується військовим станом та пов'язаними з ним проблемами, суттєво ускладнює процеси управління на промислових підприємствах. Зокрема, перебої у постачанні сировини і матеріалів, труднощі з логістикою для відвантаження готової продукції, порушення у забезпеченні

електроенергією промислових підприємств та населення, мобілізація і відтік персоналу негативно позначаються на виробництві. Вони ускладнюють як процес планування виробництва, так і виконання виробничої програми в межах місяця або кварталу. Як наслідок, спостерігається систематичне невиконання планів виробництва, зниження операційної ефективності, погіршення фінансових показників (ЕВІТДА, рентабельність, прибуток) підприємства. До основних причин зниження операційної ефективності відносяться: дефіцит кваліфікованого персоналу; неефективне планування завантаження обладнання; низький рівень дисципліни виконання замовлень; відсутність ефективного інструменту для пріоритизації замовлень з високою маржинальністю; заморожування коштів через труднощі в управлінні складськими запасами сировини та готової продукції; непрозорий процес формування потреб та закупівель сировини і матеріалів, необхідних для виробництва.

Основним завданням оперативного-виробничого планування є забезпечення рівномірного виконання договірних зобов'язань підприємства щодо постачання продукції у визначених обсягах та номенклатурі [1, с. 8]. Підвищення ефективності виробництва сприяє зростанню обсягів випуску продукції, збільшенню прибутку та рентабельності, оптимізації використання ресурсів, підвищенню продуктивності праці, фондовіддачі, прискоренню оборотності основних фондів, економії сировинно-матеріальних ресурсів та ефективності інвестиційних ресурсів [1, с. 29]. Одним з основних розділів тактичного плану підприємства є виробнича програма, яка охоплює план виробництва і реалізації продукції, визначаючи напрям діяльності всіх структурних підрозділів підприємства. Виробнича програма підприємства охоплює необхідні обсяги продукції, що мають бути вироблені у плановому періоді, відповідно до номенклатури, асортименту та якості, які відповідають вимогам плану продажів [1, с. 32]. Ефективне планування виробничої програми підприємства повинно враховувати результати діяльності за попередній період, прогноз попиту на продукцію, а також перспективний план розвитку виробництва. Для цього необхідно опиратися на чинні договори щодо виробництва і поставок, наявність державних замовлень та заходи, спрямовані на підвищення виробничих потужностей. В процесі розробки виробничої програми особливу увагу слід приділяти дотриманню встановлених строків поставок, оптимальному завантаженню виробничих потужностей і орієнтації на випуск конкурентоспроможної продукції.

Основна мета формування виробничої програми підприємства полягає у здійсненні оптимізації номенклатури та асортименту продукції для укладання договорів на її виготовлення і постачання, що забезпечує максимальне використання виробничого потенціалу і високі фінансові результати діяльності [1, с. 33]. Важливим елементом управління є планування, яке слід розглядати не лише як визначення необхідних дій, але й як здатність передбачати можливі зміни в майбутньому і відповідати на них з мінімізацією пов'язаних втрат. Отже, сучасна система планування повинна забезпечувати раціональне використання внутрішніх ресурсів підприємства, навіть у мінливих умовах зовнішнього середовища [2]. З огляду на складність і цілеспрямованість суб'єктів господарювання, виникає потреба у систематичному моніторингу внутрішніх і зовнішніх умов та своєчасному реагуванні на зміни [3].

Традиційні інструменти планування ланцюгів постачання (SC) орієнтовані переважно на планування матеріальних потоків за обсягом, тоді як вартісно-орієнтований підхід враховує також і фінансові потоки [4]. В дослідженні [5] автори пропонують п'ятиетапний процес планування, який виконується щомісяця для повноцінного використання переваг вартісно-орієнтованого підходу S&OP: збір даних; планування попиту; планування пропозиції; бізнес-планування; прийняття управлінського рішення.

Для досягнення високої ефективності в управлінні виробничими та логістичними процесами підприємства широко використовують ERP-системи (системи планування ресурсів підприємства). Ці комплексні платформи дозволяють інтегрувати і координувати основні бізнес-процеси, забезпечуючи прозорість та ефективність у прийнятті рішень. Одним з провідних рішень у цій сфері є SAP Advanced Planner and Optimizer (SAP APO), який входить до складу системи SAP SCM (Supply Chain Management) і спеціалізується на плануванні ланцюгів постачання та оптимізації виробничих процесів.

Ефективне планування виробничих процесів на підприємстві починається з прогнозування і задоволення майбутнього попиту клієнтів, що досягається завдяки інтегрованим функціям прогнозування, планування та оптимізації. Перехід на 4-місячний рівень планування S&OP сприяє підвищенню прозорості та результативності процесу закупівель, що дозволяє своєчасно задовольняти потреби клієнтів.

Важливою частиною цього процесу є також планування виробництва та складання графіків, яке забезпечується завдяки одночасному доступу до всіх необхідних ресурсів: матеріалів, виробничих потужностей та

технологій оптимізації. Цей функціонал дозволить створити гнучкі виробничі плани, а також мінімізувати час налаштування обладнання, що необхідний для ефективного виконання послідовних замовлень.

Планування з урахуванням виробничих потужностей забезпечить підприємству підтримання оптимальної кількості запасів для максимального використання ресурсів та зменшення втрат, що надасть можливість скоротити строки виконання замовлень, мінімізувати кількість прострочених замовлень і, за необхідності, скоригувати графіки виробництва для адаптації до змінних потреб.

Запровадження єдиного підходу до планування реалізації, виробництва, управління потребами у сировині, матеріалами та постачаннями на підприємстві з використанням SAP APO підвищить прозорість і ефективність прийняття рішень при формуванні планів реалізації, виробництва, закупівель і постачань. SAP APO, як частина рішення для управління ланцюжками постачань (SAP SCM), надасть структуровані механізми для управління інформаційними і фінансовими потоками, об'єднуючи постачальників, виробників і клієнтів у єдиній системі SAP ERP.

### **Перелік використаних джерел**

1. Веретенникова Г.Б., Томах В.В., Геращенко І.М. Планування та організація діяльності підприємства. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. 210 с.
2. Вороніна А.В. Підвищення ефективності системи планування промислового підприємства. *Економічний вісник Дніпровського державного технічного університету*. 2022. № 1(4). С. 49–55.
3. Воронько-Невіднича Т.В., Геращенко В.О., Титаренко К.О. Особливості управління результативністю підприємства за сучасних умов. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2020. № 3(26). С. 62–66.
4. Willms P., Brandenburg M., Emerging trends from advanced planning to integrated business planning. *9th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2019. Berlin*. Vol. 52. Issue 13. P. 2620-2625. DOI.
5. Robert A. Stahl, Thomas F. Wallace. Sales and Operations Planning. The How-To Handbook. For Our Sun Publishing, 2008. 266 p.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-229>

**APPLICATION OF MARKET TREND AND DYNAMICS ANALYSIS  
METHODS TO ENHANCE ENTERPRISE OPERATIONAL  
EFFICIENCY**

**ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ РИНКОВИХ  
ТЕНДЕНЦІЙ ТА ДИНАМІКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ  
ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА**

**Churilova H.A.,**

*Student in the specialty "Economics",  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Metinvest holding LLC,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

*Scientific supervisor: Zherlitsyn D.M.,  
DSc (Economics), Professor,  
LLC "Technical university "Metinvest  
polytechnic", Metinvest holding LLC,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Чурілова Г.А.,**

*здобувач ВО за спеціальністю  
«Економіка», ОС «Магістр»,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

*Науковий керівник: Жерлицин Д.М.,  
д.е.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Український гірничо-металургійний комплекс переживає серйозні труднощі. Розташування підприємств у зонах підвищеного ризику призводить до пошкоджень промислової інфраструктури та порушень логістичних ланцюгів. Невизначеність в енергопостачанні обмежують можливості для стабільної роботи підприємств. Дефіцит оборотних коштів та труднощі із залученням додаткового фінансування створюють постійні виклики для компаній. До негативних наслідків також можна віднести скорочення робочих місць і втрату кваліфікованих працівників, що змушені залишати регіон або навіть країну в пошуках безпечніших умов. Погіршення умов праці та нестача ресурсів призводять до зниження продуктивності, а постійні затримки в постачанні сировини та компонентів ускладнюють виробничі процеси.

В обставинах, що склалися, операційна ефективність підприємства повинна знаходитися в фокусі уваги менеджменту, бути спрямованою на забезпечення стабільної роботи та розвиток бізнесу. Вдосконалення системи бізнес-планування є невід'ємною частиною процесу підвищення операційної ефективності підприємства.

Ринок, як місце взаємодії покупців та продавців, забезпечує визначення цін товарів та корегує їх необхідну кількість. Розуміння ринкових тенденцій та динаміки дозволяє особам, що приймають рішення, обґрунтовувати відповідні тактичні дії, розробляти стратегії та операційні заходи, які не лише враховують поточні умови, але й реагують та допомагають адаптуватися до прогнозованих змін цін, попиту, конкуренції, власних позицій на ринку, допомагають оптимізувати ресурси підприємства.

Прогнозна аналітика є потужним інструментом, який має на меті підтримку прийняття управлінських рішень, допомагає спрогнозувати майбутні події на основі історичних даних, використовується, наприклад, для прогнозування показників продажів (ціни, обсяги, ємності ринків), ризиків, фінансових показників підприємства, оптимізації рівня запасів, сегментування покупців. З методичної точки зору, прогнозна аналітика включає статистичні методи, методи візуалізації даних, алгоритми машинного навчання та інших аналітичних інструментів для передбачення майбутніх подій або результатів на основі аналізу наявних даних. Таким чином, успішне поєднання інструментів прогновної аналітики з особливостями практичних задач, визначає головні напрямки використання методів аналізу ринкових тенденцій та динаміки для підвищення операційної ефективності підприємства.

Процес прогновної аналітики можна структурувати на декілька основних етапів, що включають визначення задачі, збір необхідних даних та їх подальшу обробку. Обробка даних охоплює видалення помилок, дублікатів, нормалізацію та агрегацію. Також на цьому етапі здійснюється вибір змінних, що мають ключове значення для досягнення запланованого результату. Далі проводиться вибір моделі, який може включати використання регресії, дерева рішень або методів машинного навчання. Завершальний етап полягає у перевірці та тестуванні обраної моделі з подальшим внесенням коректив до отримання прийнятних результатів.

На основі вивчення методів аналізу та особливостей їх застосування [1; 2; 3], важливо зупинитися на трьох моделях прогновної аналітики. Модель 1. Аналіз часових рядів. Використання цієї моделі для прогнозування цін дозволяє на основі історичних даних врахувати сезонні коливання та зміни у ринку. 2. Регресійний аналіз. Використання регресійного аналізу для прогнозування обсягів продажу дозволить визначити, які змінні (ціни або інші показники) найбільше впливають на продажі. Модель 3. Сценарне прогнозування. Моделювання кількох можливих сценаріїв (зазвичай песимістичного, оптимістичного та базового) є особливо корисним, коли є високий ступень невизначеності,

і підприємство має бути готовим до різних планів дій в залежності від розвитку подій.

Найбільш поширені проблеми прогновної аналітики – це залежність від якості вхідних даних, складність в моделюванні та тлумаченні отриманих результатів, сподівання на 100% якість отриманих результатів або надмірне покладання на отримані прогнози. Але, вдалий вибір моделі, яка буде відповідати поставленій проблемі, призведе до кращих результатів і вищої ефективності в вирішенні задачі.

### **Перелік використаних джерел**

1. Євсейцева О. С., Новіков Д. В. Сучасні методика прогнозування кон'юнктури ринку та їх використання при проведенні маркетингових досліджень. *Економіка та держава*. 2016. № 5. С. 97-100.

2. Соломчук Л.М. Статистичні методи прогнозування результатів діяльності підприємств. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2022. № 6. С. 146-151.

3. Економетрика з R : навчальний посібник / А.В. Скрипник, Д.М. Жерліцин, Ю.О. Нам'ясенко. Київ: ФОП Ямчинська О.В., 2020. 251 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-230>

## **TRANSFORMATION OF APPROACHES TO ORGANIZATIONAL DESIGN UNDER THE INFLUENCE OF THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION**

### **ТРАНСФОРМАЦІЯ ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПІД ВПЛИВОМ ЧЕТВЕРТОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ**

**Shkrabak I.V.,**

*DSc (Economics), Professor  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Шкрабак І.В.,**

*д.е.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Четверта промислова революція, яка з пришвидченням темпів розгортається в сучасну епоху кардинальних інноваційних зрушень,

несе в собі низку тенденцій і викликів, які вже зараз докорінно змінюють погляди на технології організаційного проектування підприємств.

Наразі Четверта промислова революція відображає нову парадигму глобального інноваційно-технологічного розвитку, орієнтуючись на сучасний формат виробництва – Індустрію 4.0, що передбачає реалізацію не просто автоматичних процесів, а складних самостійно керованих (автономних) виробничих процесів на основі кіберфізичних технологій. Вона охоплює значну кількість соціально-економічних, політичних та культурних питань, які мають бути вирішені на рівні окремої особистості, на рівні бізнес-діяльності, національному та міжнародному рівнях [1]. Дослідники відзначають, що новітні технології та універсальні інновації розповсюджуються значно швидше й масштабніше в порівнянні з попередніми революціями. Перспективи тотальної автоматизації та роботизації всіх сфер виробництва, поява штучного інтелекту відкривають перед світовою економікою широкі можливості зростання, сприяють підвищенню рівня та якості життя окремих індивідів і суспільства загалом [2], але натомість ведуть до необхідності перегляду підходів до структурно-організаційного дизайну підприємства.

Основними викликами, які мають змінити підхід до організаційного проектування, є такі:

- забезпечення високої гнучкості і швидкої адаптації до змін організаційної структури підприємства та її окремих складових;
- автоматизація бізнес-процесів та широке впровадження диджитальних рішень в управлінні ними з використанням таких сучасних надбань, як штучний інтелект, машинне навчання тощо;
- використання аналітики даних для прийняття рішень щодо структури та процесів організації задля визначення «вузьких» місць та можливостей їх «розшивки»;
- поєднання соціальних і технічних аспектів для створення ефективних робочих місць і структур на основі соціонічного проектування колективу;
- впровадження нових моделей управління, які відмовляються від концентрації всієї повноти влади в руках керівництва, а розподіляють її між командами, в першу чергу – самокерованими (самоврядними) та міжфункціональними;
- зміна установок, цінностей корпоративної культури відповідно до нових умов ведення господарської діяльності.

Сучасні технології організаційного проектування, які отримали розповсюдження у даний період, дозволяють долати ті чи інші зазначені

виклики, однак жодна з них не дає можливості забезпечити їх урахування комплексно. Причиною цього є не стільки інерційність підходів до організаційного проектування, скільки відмінність наслідків третьої і четвертої промислових революцій.

Значна кількість технологій, які є базисом «Індустрії 4.0», в той же час є результатом третьої промислової революції: промислові роботи, автоматизація (АСУ ТП), ERP-системи, сховища даних, хмарні обчислення тощо. Як відзначають аналітики, у цілому сприйняття четвертої промислової революції та її ефекту як суми ефектів технологій вірно лише за умови повної реалізації всіх її складових, бо саме обчислювальна перевага штучного інтелекту над людським мозком дає можливість розкриття потенціалу сенсорів і великих даних, електронних міток і бездротової комунікації, та лише Інтернет речей робить можливим машинне управління та всебічну інтеграцію. Функції управління, контролю та планування традиційно залишалися прерогативою людини, однак Четверта промислова революція має головну відмінність, що полягає в делегуванні цих функцій штучному інтелекту [3]. Саме ця відмінність вимагає синтезу кількох новітніх підходів до організаційного проектування, зумовленого рисами останньої промислової революції, до яких слід віднести:

- Agile Project Management з його методологією, яка не виступає інструментом контролю та управління командою, а формує, перш за все, культуру роботи, образ мислення та принципи взаємодії, в основі яких – командна робота, адаптація, позитивне сприйняття змін;

- Data-Driven Organizational Design як основа прийняття обґрунтованих рішень на підґрунті аналітики з використанням великих масивів даних;

- соціотехнічне проектування з його принциповою відсутністю прототипів і фокусом уваги на соціальні та психологічні аспекти професійної діяльності людини;

- інноваційні організаційні структури, в основі яких лежить холократія (один з Agile фреймворків), тобто, форма управління організацією, в якій немає ні керівників, ні підлеглих, такі терміни, як «посада» або «працівник», замінюються терміном «роль (role)», кожна з яких має визначену мету, сфери впливу та підзвітності, право приймати самостійні рішення, які забезпечують і покращують виконання цієї ролі [4]. З огляду на тему дослідження, слід відзначити, що найбільш вдалими формами самоорганізації діяльності видаються команди розділеного нагляду, які керують своєю роботою з періодичним контролем з боку керівництва організації (що підходить для регульованих або

контрольованих середовищ), та розділені самоврядні команди, які утворюються з великих самокерованих груп шляхом поділу їх на менші, але також самоврядні.

### **Перелік використаних джерел**

1. Жаворонкова Г. В., Жаворонков В. О. Четверта промислова революція як напрям забезпечення сталого розвитку. *Наука та освіта : зб. пр. XVI Міжнар. наук. конф.* (4–11 січ. 2022 р., м. Хайдусобосло, Угорщина). Хмельницький : ХНУ, 2021. С. 178-180.

2. Любовець, Олена. Четверта промислова революція: соціальні виклики. *Strategies for Entrepreneurship for Sustainable Development of Small and Medium-Sized Innovative Entrepreneurship: International Conference* (9-14 October 2019). Riga : Baltic International Academy, 2019. С. 137-143.

3. Матвійченко О. С. Концепція Індустрія 4.0: зміст, можливості та ризику. *БізнесІнформ*, 2018. №12. С. 91-99.

4. Zosym, M. Holocracy. URL: <https://www.maxzosim.com/holocracy/>

NOTES

NOTES

*The project was implemented with the support of*



**The Center for Ukrainian-European Scientific Cooperation** is a non-governmental organization, which was established in 2010 with a view to ensuring the development of international science and education in Ukraine by organizing different scientific events for Ukrainian academic community.

### **The priority guidelines of the Center for Ukrainian-European Scientific Cooperation**

#### **1. International scientific events in the EU**

Assistance to Ukrainian scientists in participating in international scientific events that take place within the territory of the EU countries, in particular, participation in academic conferences and internships, elaboration of collective monographs.

#### **2. Scientific analytical research**

Implementation of scientific analytical research aimed at studying best practices of higher education establishments, research institutions, and subjects of public administration in the sphere of education and science of the EU countries towards the organization of educational process and scientific activities, as well as the state certification of academic staff.

#### **3. International institutions study visits**

The organisation of institutional visits for domestic students, postgraduates, young lecturers and scientists to international and European institutes, government authorities of the European Union countries.

#### **4. International scientific events in Ukraine with the involvement of EU speakers**

The organisation of academic conferences, trainings, workshops, and round tables in picturesque Ukrainian cities for domestic scholars with the involvement of leading scholars, coaches, government leaders of domestic and neighbouring EU countries as main speakers.

#### **Contacts:**

Head Office of the Center for Ukrainian-European Scientific Cooperation:  
88000, Uzhhorod, 25, Mytraka str.  
+38 (099) 733 42 54  
info@cuesc.org.ua

**[www.cuesc.org.ua](http://www.cuesc.org.ua)**

International scientific conference “MININGMETALTECH 2024 –  
The mining and metals sector: integration of business, technology  
and education”

November 28–29, 2024

Izdevniecība «Baltija Publishing»  
Valdeķu iela 62 – 156, Rīga, LV-1058  
E-mail: office@baltijapublishing.lv

---

Iespiests tipogrāfijā SIA «Izdevniecība «Baltija Publishing»  
Parakstīts iespiešanai: 2024. 30. novembris  
Tirāža 100 eks.