



International scientific conference

**MININGMETALTECH 2023 – THE MINING
AND METALS SECTOR: INTEGRATION
OF BUSINESS, TECHNOLOGY
AND EDUCATION**

November 29–30, 2023

Volume 1



IZDEVNIECĪBA
BALTĪJA
PUBLISHING

2023

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. 1. 272 pages.

Program Committee

Head of the Program Committee – **Yurii RYZHENKOV** – CEO, LLC “METINVEST HOLDING”

Deputy Head of the Program Committee – **Oleksandr POVAZHNYI** – Doctor of Economics, Professor, Rector of LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Secretary of the Program Committee – **Maksym KARAKAI** – PhD in Public Administration, Academic Secretary, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Oleksandr MYRONENKO – Operations Director, LLC “METINVEST HOLDING”

Tetiana PETRUK – HR & Organizational Development Director, LLC “METINVEST HOLDING”

Olha OVCHYNNYKOVA – Director of Economics and Business Systems Development, LLC “METINVEST HOLDING”

Yuliia DANKOVA – Chief Financial Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

Svitlana ROMANOVA – Chief Legal Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

Andrii YEMCHENKO – PhD in Engineering, Chief Technology Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

Dmytro TEVELIEV – CEO Advisor, LLC “METINVEST HOLDING”

Oleksii KOMLYK – member of the Supervisory Board

Oleksandr PIMKIN – Director of the Department of Organizational Management and Compensation Management, LLC “METINVEST HOLDING”

Oleksandr PODKORYTOV – Chief Technology and Quality Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

Pavlo UZBEK – Director of the Department of Labor Safety, Industrial Security and Environmental Protection, LLC “METINVEST HOLDING”

Vitalii KOVALENKO – Director of the Department of Sustainability Development and Environmental Management, LLC “METINVEST HOLDING”

Maria VASYLIEVA – CEO, LLC “METINVEST SICHSTEEL”

Gregory MASON – Head of the Supervisory Board

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

Organizational Committee

Head of the Organizing Committee – **Volodymyr KUKHAR** – Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Metallurgy, Materials Science and Industrial Management, Vice Rector for Research, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Deputy Head of the Organizing Committee – **Natalia REKOVA** – Doctor of Economics, Professor, First Vice Rector – Vice Rector for Academic Affairs, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Secretary of the Organizing Committee – **Khrystyna MALII** – PhD in Engineering, Head of the Research Department, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Kostiantyn MOISEIENKO – PhD in Economics, Associate Professor, Head of the Department of Education Quality Management and International Projects, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Iryna SHKRABAK – Doctor of Economics, Professor, Dean of the Faculty of Mining and Metallurgy, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Viktoriia ROVENSKA – PhD in Economics, Associate Professor, Dean of the Faculty of Production Automation and Digital Technologies, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Volodymyr PASHYNSKYI – Doctor of Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Metallurgy, Materials Science and Industrial Engineering, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Nataliia VOLODCHENKOVA – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Nadiia RAGULINA – PhD in Economics, Head of the Department of Linguistics and Humanities, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Oleksii KOIFMAN – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Automation, Electrical and Robotic Systems, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Iryna SMYRNOVA – PhD in Economics, Associate Professor, Head of the Department of Digital Technologies and Project-Analytical Solutions, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Nataliia HRUDKINA – Doctor of Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Natural Sciences and General Engineering Disciplines, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Viacheslav KAMENETS – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Mining Industry, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Maksym SHTODA – PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Metallurgy, Materials Science and Industrial Management, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Pavlo SAHAIDA – Doctor of Engineering, Associate Professor, Professor at the Department of Digital Technologies and Project-Analytical Solutions, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Oleh KRUZHLYKO – Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Dmytro PIKARENIA – Doctor of Geology, Professor, Professor at the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LLC “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

PROSPECTS OF METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

Theoretical aspects of the causes of the formation of a slag floor on the surface of the refresh Bohdan D.S., Malii Kh.V., Stoianov O.M.	12
Power consumption analysis of rutile-cellulose electrodes Boyko I.O., Pashinskiy V.V., Pashinska O.G.	14
Organization of energy-efficient blast furnace production with reduced environmental impact Boiko M.M., Petrenko V.O.	17
Unified blast furnace air tuyere Vereshchak V.I., Vereshchak D.V.	20
Improvement of technological conditions for rolling especially thin strips on the continuous plate mill 1680 Gribkov E.P., Pozhidayev A.V.	24
Physico-chemical characteristics of carbidothermal recovery of chromite and magnetite concentrates Hryshyn O.M., Nadtochii A.A., Petrenko V.O.	26
Improvement of the rolling technology of cold-rolled strips on the plate mill Tandem 1680 Dobronosov Yu.K., Los S.G.	29
Increasing the operational characteristics of equipment for the production of firebricks aluminum-silicate raw Diachenko A.S., Boyko I.O.	31
Refining metal in a tundish from non-metallic inclusions when blowing it with argon Yefimova V.G.	34
Evaluation of the efficiency of thermal work of metal receivers of blast furnaces of different designs Zhabrovets P.M., Chaika O.L., Kornilov B.V., Lebid V.V.	37

Study of the rolled stock separating into workpieces using breaking by bending with static-dynamic loading Karnaukh S.G., Markov O.Ye., Aliiev I.S.	40
Some aspects of the use of porous filters during aluminium casting Karpukhin Ye.O., Smirnov Yu.O., Smirnov O.M.	43
Increasing the service life of rolling stock wheelsets Kashuba Yu.A., Boyko I.O.	46
Comparative analysis of theoretical and experimental models in plastic deformation Kordenko M.Yu.	50
Study of existing and promising directions for reducing CO ₂ emissions based on the energy balance of blast furnaces Kornilov B.V., Chaika O.L., Moskalyna A.O.	52
Application of automated mineralogy in metallurgical research Kostrzyhev A.H.	55
Prediction by residual stresses of the quality of thin rolled after temper rolling in warm deformation mode Kulik T.O., Kulik O.M.	61
Implementation of preventive quality management system for production of TMCP processed 10Mn2VNbAl steel heavy plates Kukhar V.V., Malii Kh.V., Wu Kaiming	64
Improvement of the emulsion cleaning system of the cold rolling mills of the cold rolling plant to remove hydraulic oils from the rolling emulsion Kukhar V.V., Spichak O.Yu.	67
Production of large steel castings in metal molds Lutsenko S.S., Pashinska O.G.	70
Mathematical analysis of the influence of the geometry of the deformation center on energy and power indicators Malii O.H., Titov A.V., Levchenko V.M.	74
Trends of rational use of manganese in converter melting technology Malii Kh.V., Hladkykh A.A.	76

Influence of the chemical composition of cast iron on the performance of oxygen converters Mameshyn V.S., Doronin A.S.	78
Investigation of the influence of changes in the temperature of cast iron during its transportation on the indicators of the oxygen converter process Mameshyn V.S., Nefodov Ye.O.	81
On the possibility of steel saturation with nitrogen in the steel smelting process Medvedieva K.O., Stoianov O.M., Malii Kh.V.	84
Prospects for the development of pipe enterprises of Ukraine according to work results in the first half of 2023 Myronenko M.A., Korol R.M.	87
Modern trends in improving the processing of nickel metal waste and its alloys Nesterenko T.M., Nesterenko O.M., Didenko L.M.	90
Aspects of the development of the method for determining residual stresses in the metal of welded straight pipes of large diameter Ovsiankyov V.V.	92
Methods of electromagnetic stirring of metal in the CCM mold Oleshko M.V., Malii Kh.V., Synehin Ye.V.	96
Structure and properties of a low-carbon steel wire after combined cold deformation Pashynska O.G., Skulskyi V.Yu., Boyko I.O.	99
The use of the results of the macro and microstructure research for the development of the production technology of commercial slabs produced from ingots of low-carbon steel grade S355 for EU-assets in the conditions of PJSC “Zaporizhstal” Pashynskyi V.V., Liolko O.O.	102
Structure aspects of mechanical properties of ductile iron formation Pashynskyi V.V., Pashynskaya O.G., Boyko I.O.	106
Development of production technology in order to obtain required mechanical characteristics due to the formation of an improved complex of structure and properties of 30MnB5 steel produced by PJSC “Zaporizhstal” Pashynskyi V.V., Tereshchenko A.H.	109

Use of technological raw materials for obtaining aluminum magnesium spinel Pruttskov D.V., Prokhorenko I.O.	112
Investigation of the causes of the metal breaks under the mould during continuous casting of steel Sanytskii V.V., Malii Kh.V., Synehin Ye.V.	114
Probabilistic approach to the methodology for regulating the chemical composition and predicting the properties of grey synthetic cast iron Sirenko K.A., Mazur V.L.	116
Blast furnace slag used in slag-forming materials for the ladle furnace process Stepanenko D.O.	119
Features of converting vanadium steelmaking iron Kharchuk F.L., Stoianov O.M.	121
Cold-solid mixtyre technology, how does it affect the quality of steel casting in the enterprise conditions Khorolska S.O., Pashinska O.G.	124
Crystallographic features of $\alpha \rightarrow \gamma$ recrystallization of ferrite alloys during carburization Chornoivanenko K.O., Movchan K.O.	126
Assessment of the efficiency of using waste of metallurgical enterprises with the purpose of resource and energy saving Yaholnyk M.V., Fedorov R.F.	129
 CHALLENGES AND PROSPECTS FOR ENGINEERING EDUCATION TRANSFORMATION	
Effectiveness of using the case method during professionally oriented foreign language training of future engineers Burkovska O.Y.	132
Digitalization of education as a factor of modern education development Varekh N.V.	135
About forming the grammatical competence problems of engineering education students in the process of studying the business and academic Ukrainian Dvoriankin V.O.	137

Communicative approach in learning a foreign language Dovhal I.A.	140
Organization of the study of differential equations in distance education Kolesnykov S.O.	144
Program of the discipline on the organization of scientific research for students of technical specialties of the master's level, studying in the dual form of education Kukhar V.V.	146
Creative methodologies in teaching english for higher engineering education students Ragulina N.V.	152
The history of establishment of industrial electrical locomotives engineering in Ukraine (1959–1968) Ruban M.Yu., Fomin A.V., Ponomarenko V.V.	157
Implementation of innovative formats of engineering education Khara M.V., Maslak G.V., Zhurba E.V., Boglaeva T.B.	162
Ways of increasing the motivation of technical students to learn English Khoroshailo O.S., Kochergina S.S.	165
Prospects of engineering education in the sphere of loading and unloading works Shatov S.V., Burmaka N.A., Khyzhniak L.N.	167
 PRIORITIES FOR IMPROVING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF MINING COMPANIES	
Priorities for improving the operational efficiency of mining companies organization of technical diagnostics of mining excavators Borysov S.M.	171
Prospects of uniform approaches implementation to building the organizational structure of associated enterprises to increase the efficiency of business process management Buhlak K.A., Shevchenko N.Yu.	173
Adaptation of the production system of the mining complex as a reaction to the dynamics of the external environment Hryhoriev Yu.I., Sliusar S.V., Herasymchuk O.M., Serheiev P.S.	176

Justification of the development methods of man-made deposits for increasing the efficiency of the mining complex Hryhoriev Yu.I., Shvets Ye.M., Hryhoriev I.Ye., Smirnov O.Ya.	179
Perspective directions for ensuring the safety of workers and increasing the efficiency of constructing roads by header machines on coal seams prone to gas-dynamic phenomena Diedich I.O.	182
Transfer of employees between business units of the corporate structure as a human resource management tool Dolynko O.O., Shevchenko N.Yu.	184
Development of preparatory entries driving and fastening technologies in the conditions of “KRASNOLIMANSKA” coal mine Kamenets V.I., Novikov M.O.	187
Study of the processes of movement of vehicles with a stepping motor Krupko I.V.	191
Justification of the possible area of adjustment of the mining works mode that ensures the achievement of the specified ore open-pit productivity Lutsenko S.O., Bohdanov D.O., Yakovenko S.V., Systierov O.V.	193
Evaluation of the current state of the management system of the motor transport shop Mints O.Yu., Pinchuk O.M.	196
Reclamation technology of an open-pit space with completed mining operations Pyzhyk A.M., Krasulia O.O.	198
Improvement of the current regulatory framework of coal mining enterprises Piliuhyn V.I., Kamenets V.I., Anhelovskyi O.A.	200
Theoretical foundations of the development of the iron ore industry in Ukraine Romanenko A.O.	202
Prospective ways of increasing the operational efficiency of Ukrainian coal mines: case study prjsc pokrovske colliery Sakhno I.G., Sakhno S.V.	204
Iron ore mining’s material flow Cherevatskyi D.Yu., Bash V.O., Bojko O.V.	208

**SOFTWARE AND INFORMATION SUPPORT
FOR COMPUTERIZED SYSTEMS
OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT**

Justification for the development of a software system for determining the quality characteristics of scrap metal using computer vision technology Andrieienkov A.V.	212
Study of the advantages of the combination of predicate logic, fuzzy c-means and the ontological model to increase the efficiency of data processing in organizational and technical complexes Balabolko O.R., Sahaida P.I.	215
Analysis of methods and models for designing a budgetary control system Bugaiets I.V., Sahaida P.I.	217
Digital twins, intelligent systems, and assistants Verbato K.Ye.	220
Research and design of software components for the intelligent system of monitoring the state of uninterrupted power supply devices of the APCS equipment of the blast-furnace department of “KAMET-STEEL” Hedikov V.O.	223
Startup-project for the development of complex software for researching the food products composition Zditovetskyi Yu.S., Bisikalo O.V., Ivanov Yu.Yu.	226
Selection and comparison of ERP systems for implementation at the repair and mechanical enterprises of LLC “METINVEST HOLDING” Kazemirenko Yu.V., Shmatko O.V.	228
Development of a mathematical model for the control system of an experimental setup for high-pressure torsion processing of hollow blanks Kasianiuk O.S.	233
Research of methods, models and information technologies using neural networks in increase of productivity of ore enriching factories Kostikov O.A., Konyk A.B.	236
Defining the problem for investigating machine learning methods for procurement data analysis and forecasting of an IT enterprise Kripak S.A., Moskalenko V.V.	241

Market research of supply chain management systems and rationale for the software application development for transportation management Moskalenko V.V., Virych V.V.	243
The method of development and integration of engineering activity information support subsystems based on the categorical-ontological approach Sahaida P.I., Vasylieva L.V., Getman I.A.	247
Possibilities of automating the process of creating digital samples of branded products at Metinvest Group enterprises Smyrnov O.V.	251
Development and improvement of the intelligent module “Tags about batch and containers” for automated printing of tags in the “PlasMIS” ERP system Starzhynskyi V.Yu.	254
Research of methods, models and information technologies for increasing the static load of vehicles with artificial loads at Metinvest Group Shelest S.O., Sahaida P.I.	259
Research and design of software components for an intelligent chatbot of the company’s service department Shmatko O.V., Hlibov V.H.	261
Transformation of the admission process to METINVEST POLYTECHNIC through the implementation of modern digitalization tools Yakymov Yu.M., Shevchenko N.Yu.	266

PROSPECTS OF METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-1>

THEORETICAL ASPECTS OF THE CAUSES OF THE FORMATION OF A SLAG FLOOR ON THE SURFACE OF THE REFRESH

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРИЧИН УТВОРЕННЯ ШЛАКОВОЇ НАСТИЛІ НА ПОВЕРХНІ ВОГNETРИВУ

Bohdan D.S.

*student (group 136S-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Богдан Д.С.

*студент гр. 136С-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Malii Kh.V.

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

Малій Х.В.

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

Stoianov O.M.

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

Стойанов О.М.

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

Утворення настилу на вогнетриві необхідно розглядати як два одночасно протікають процесу фізичне налипання шлакометалевої емульсії на поверхні вогнетриву і хімічна взаємодія кінцевого конвертерного шлаку з вогнетривким матеріалом.

Для розробки високостійких у службі вогнетривких матеріалів та створення оптимальних умов їх експлуатації необхідні точні знання про температуру та тепловий потік у зоні контакту вогнетриву з розплавом металу.

Застосування відомих залежностей для конвективного теплообміну твердого тіла з рідиною в даному випадку неможливе, принаймні в початковий період після контакту з розплавом. Справа в тому, що відразу після контакту на поверхні вогнетриву виникає кірка застиглого розплаву (настиль), кінетика розвитку якої докорінно впливає на теплообмін та тепловий стан вогнетриву [1]. Складність розглянутого завдання обумовлена рухливістю кордону шлакометалічна емульсія – кірка і виділенням – (поглинанням) на ній прихованої теплоти плавлення розплаву.

У момент контакту на поверхні вогнетриву починає рости кірка (настиль), яка зображена на рис. 1. У міру прогріву вогнетриву і зменшення тепловідведення швидкість зростання кірки знижується і стає рівною нулю в той момент, коли підведення тепла з боку розплаву до фронту кристалізації стає рівним відведення тепла в кірку. Відразу після цього починається стадія розплавлення кірки, її товщина зменшується. Закінчується процес у той момент, коли товщина кірки стає рівною нулю, після цього теплова взаємодія вогнетриву з розплавом набуває форми звичайного конвективного теплообміну рідини з твердою стінкою.



Рис. 1. Процес утворення настилі на поверхні вогнетриву

Таким чином, можна зробити важливий висновок: практично при будь-якому контакті вогнетриву з розплавом металу на вогнетриві утворюється на деякий час кірка (шлакометалічна настиль); інша справа, що максимальна величина цієї кірки $\Delta_{\max}$ і час її існування τ_0 можуть змінюватися в дуже широких межах залежно від фізичних умов контакту.

Перелік використаних джерел

1. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі. Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2004.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-2>

POWER CONSUMPTION ANALYSIS OF RUTILE-CELLULOSE ELECTRODES

АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОДІВ З РУТИЛ-ЦЕЛЮЛОЗНИМ ПОКРИТТЯМ

Boyko I.O.

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

Бойко І.О.

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

Pashinskiy V.V.

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

Пашинський В.В.

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

Pashinska O.G.

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

Пашинська О.Г.

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

Питання енергоспоживання зварювальних матеріалів не перестає набувати актуальність в сучасних умовах енергетичної ситуації в Україні та

Європі. У зв'язку з цим питання економії енергетичних ресурсів є ключовим, а впровадження енергозберігаючих заходів на усіх рівнях життєдіяльності є найголовнішим завданням, від якості та термінів вирішення якого залежить майбутня функціональність економіки та соціально-економічна ситуація. Однією з цілей Енергетичної стратегії України до 2050 року є розвиток альтернативних джерел енергії, нових продуктів та інноваційних рішень в енергетичному секторі [1].

Згідно даним [2] доля наплавленого металу, що приходить на РДЗ в Україні складала більше 50 % станом на 2015 р., а в 2020 р. загальний обсяг виготовлених вкритих електродів на потужностях Вітчизняних підприємств склав більше 31,5 тис. тон [3]. Зурахуванням наведених даних можна спрогнозувати, що сумарна витрата електричної енергії, що використали джерела живлення класичного та інверторного типу для ручного дугового зварювання тільки в Україні може перевищити цифру 350...400 млн. кВт*год.

Популяризація рутил-целюлозних електродів в останні десятиріччя набуває все більшої швидкості не тільки в Україні, а й у світі. Окрім того, в найближчому майбутньому Вітчизняна промисловість може зіштовхнутися з проблемою недостатньої кількості висококваліфікованих зварників, а доля використання малопотужної зварювальної техніки в побутовому використанні постійно зростає. Це також приведе до збільшення попиту саме на рутитові та рутил-целюлозні електроди.

З точки зору витрати електричної енергії рутитові та рутил-целюлозні електроди мають суттєві переваги перед електродами з основним покриттям. Відомо, що вони відрізняються дрібнокрапельним та туманоподібним переносом електродного металу [4], що суттєво зменшує енергоспоживання, в тому числі і за рахунок зменшення вірогідності «примержання» електроду до виробу і переведення джерела живлення в режим короткого замикання. Деякі сучасні інверторні джерела живлення мають функцію «anti-stick», що дозволяє уникнути цього, але працездатність цієї системи може бути суттєво погіршено у зв'язку зі зменшенням диференційного опору живлячої мережі та неправильним підбором електрокомунікацій та їх технічним станом.

Сумарна електрична потужність посту для ручного дугового при роботі на номінальному режимі буде залежати від ряду факторів: теплової потужності дуги, коефіцієнту потужності джерела живлення ($\cos\phi$), коефіцієнту корисної дії посту та потужності додаткових приладів: охолодження, керування та ін.

В якості критерія оцінки енергетичної ефективності електродів для ручного дугового зварювання на нормативних режимах зварювання запропоновано використати інтегрований критерій масового енергоспоживання Wh/m, тобто загальну величину електричної енергії,

що отримано від мережі, відносно маси наплавленого металу. Для більш детального аналізу співвідношення енергії горіння дуги та енергії коротких замикань дугового проміжку доцільно провести осцилографування процесу зварювання та оцінку даних за допомогою аналітичного методу [4].

В якості дослідних зразків запропоновано обрати рутил-целюлозні електроди марки АНО-36 діаметром 3,0 мм та їх сучасні аналоги. Ця марка електродів широко використовується як в Україні, а діаметр 3,0 мм найбільш затребуваний на сучасному ринку.

Для порівняльного аналізу загального енергоспоживання використана схема, що включає в себе: установку роботизованого зварювання УПЕ-300, однофазне інверторне джерело живлення типу RATON ECO-250 (DC-MMA) та портативний лічильник електроенергії. Наплавлення валиків на пластину зі Ст.3сп товщиною 10 мм відбувалося при однакових умовах і налаштуваннях джерела живлення ($I_{зв}=90A$) на постійному струмі зворотної полярності. Температура пластини перед першим проходом складала 18...20 °С, подальша міжпрохідна температура 70...80 °С, з метою прискорення випробувань охолодження пластин проводили на мідній плиті товщиною 25 мм. Зважування пластин виконувалось на ювелірних вагах з точністю 0,01 гр. Прокалювання електродів перед зварюванням відбувалося при температурі 110°C протягом 1 год., температура електрода перед випробуванням дорівнювала 18...20°C. Час наплавлення кожного окремого валика складав 60 с., швидкість зварювання – 12 см/хв (7,2 м/год.). Результати експерименту наведено на рисунку 1.

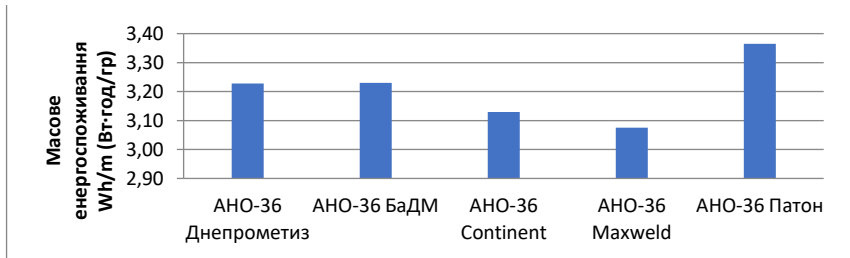


Рис. 1. Масове енергоспоживання рутил-целюлозних електродів діаметром 3 мм ($I_{зв}=90A$)

Аналіз отриманих даних показав, що рутил-целюлозні електроди однієї марки АНО-36 мають різні показники енергоспоживання, які залежать як від складу покриття, так і від його геометричних розмірів.

Це треба брати до уваги при призначенні електродного матеріалу для технологічного процесу зварювання, особливо при проведенні зварювання в несприятливих умовах, зокрема при живленні від нестабільної мережі.

Перелік використаних джерел

1. Міністерство енергетики України. URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya>
2. Мазур О.А., Петрук В.С., Любовна Л.Б. та ін. Економіко-статистичний огляд зварювального виробництва і ринку зварювальної техніки України в 1990–2018 роках. К. : ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, 2019. 71 с.
3. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
4. O. M. Kostin, O. O. Yaros, Y. O. Yaros and O. V. Savenko, Complex UPE-500 complex for determining welding and technological characteristics of coated electrodes. *The Paton Welding Journal*, no. 8, pp. 33-37, 2021.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-3>

ORGANIZATION OF ENERGY-EFFICIENT BLAST FURNACE PRODUCTION WITH REDUCED ENVIRONMENTAL IMPACT

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО АГЛОДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВПЛИВОМ НА ДОВКІЛЛЯ

Boiko M.M.

*PhD (Engineering),
Associate Professor, Ukrainian State
University of Science and Technologies,
Dnipro, Ukraine*

Бойко М.М.

*к.т.н., доцент, Український
державний університет науки
і технологій,
м. Дніпро, Україна*

Petrenko V.O.

*DSc (Engineering), Honored Worker
of Science and Technology of Ukraine,
Professor, Ukrainian State University
of Science and Technologies,
Dnipro, Ukraine*

Петренко В.О.

*д.т.н., заслужений діяч науки
і техніки України, професор,
Український державний університет
науки і технологій,
м. Дніпро, Україна*

The last twenty years have seen a significant increase in global steel production. For example, from 2000 to 2018, production increased from 850 to 1825 million tons per year [1]. To produce this amount of steel, a large

amount of material and energy resources is required, both for the main metallurgical processes and for the processes of extraction, processing, and transportation of raw materials and energy. Increased volumes complicate the organization of production, increase the need for energy and material resources, and increase the requirements for transport infrastructure. If the global market for metallurgical raw materials is sufficiently developed, energy resources are the main constraint to increasing production volumes. In addition, the issue of reducing the environmental impact of the steel industry in the context of global steel production growth is also important.

Depending on the steelmaking technology, the raw materials used are iron ore sinter (55-65% Fe) and iron ore pellets (63-68% Fe) (obtained mainly from iron ore concentrate), steel scrap, direct reduced iron (DRI), and hot briquetted iron [2]. In total, more than 2,000 million tons of iron ore and concentrates containing 1,500-1,600 million tons of iron and 300-400 million tons of steel scrap are used for steel production worldwide. In addition to these materials, various fluxes, reducing agents, ferroalloys and alloying materials are used, including high-purity metals and others. The main alloying elements are manganese, chromium, nickel, molybdenum, which are also obtained by processing the corresponding ores. In 2022, alloying materials were used in the steel industry in the following amounts (million tons of ore concentrates) Mn ~ 20, Cr ~ 20, Ni ~ 3.2, Mo ~ 0.25 [3]. The extraction and processing of raw materials requires significant energy consumption, so it is important to process them as completely as possible and to actively use man-made materials containing the necessary components. Particular attention should be paid to the waste and residues of the mining and metallurgical industry itself.

As before, the bulk of steel is produced at integrated steelmaking facilities that include blast furnaces and oxygen converters, accounting for more than 70% of total steel production. In addition, over 25% of steel is produced at enterprises equipped with electric arc furnaces. In comparison, the second method of steel production requires less energy and has a lower environmental impact [4, 5]. However, in enterprises without blast furnaces, electric arc furnaces use mainly scrap metal, which is limited in supply. The use of primary iron in the form of direct reduced iron and hot briquetted iron accounts for less than 4% of the total amount of iron-containing raw materials. The use of pig iron in liquid or solid form also requires integrated enterprises with blast furnaces and electric furnaces instead of oxygen converters [6].

If we compare energy consumption in different technological processes of metallurgical production, the largest amount of energy is used in blast furnace production (especially if we take into account the costs of producing coke and sinter) [7]. These processes are also responsible for the main emissions of substances harmful to the environment, including carbon dioxide CO₂. Therefore, blast furnace production and related sinter and coke production

processes have a significant reserve for reducing energy consumption and environmental pollution. The main areas of development of sinter and blast furnace production enterprises are: the use of iron ore with increased processing depth (increased iron content, partial metallization); improvement of the quality of iron ore, use of man-made deposits of metallurgical raw materials and metallurgical waste; construction of new generation sinter plants and blast furnaces; introduction of energy-saving technologies in sinter and blast furnace production aimed at reducing energy consumption; use of technological units for utilization of secondary energy resources, new types of energy carriers, in particular, coke substitutes; improvement of equipment and technology of the blast furnace process for the production of high-quality pig iron, reduction of labor, material and energy costs [8]. The gradual development of these areas has helped reduce energy consumption in steel production by more than 50% over the past half century. The main incentives for this were, firstly, an increase in the cost of energy resources, as energy costs can currently account for more than 40% of the cost of steel, and, secondly, increased requirements for environmental safety of production [9].

However, there are still significant reserves for further reducing the total energy costs of steel production through the use of advanced technologies and the development and implementation of new, more energy-efficient ones. In addition, the use of more environmentally friendly energy sources, including electricity from renewable sources, biomaterials as fuels and fuels and reducing agents that do not contain carbon, primarily hydrogen, is becoming more relevant. The greatest effect from the use of these energy sources can be obtained in the technological processes of primary metal production, i.e. in blast furnace production.

Bibliography

1. World Steel in Figures 2021. *World Steel Association AISBL*: веб-сайт. URL: <https://worldsteel.org/world-steel-in-figures-2021/> (дата звернення: 01.09.2023).
2. Мовчан В.П., Бережний М.М. Основи металургії: Монографія. Дніпропетровськ: Пороги, 2001. 335 с.
3. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2023. *Minerals Yearbook (Volume I. — Metals and Minerals)*: веб-сайт. URL: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/minerals-yearbook-metals-and-minerals> (дата звернення: 01.09.2023).
4. Шатоха В.І. Сталій розвиток чорної металургії: Монографія. Дніпропетровськ: Дріант, 2015. 184 с.
5. Тубольцев Л., Пригунова А., Нарівський А., Петренко В. Концепція сталого розвитку металургії України. Стан, досвід,

перспективи: Монографія. Дніпро: Візіон, 2023. 364 с.
<https://doi.org/10.52150/ISBN-978-966-02-9926-9>.

6. Krzak M., Paulo A. Modern trade standards for steel raw materials. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*. 2018. vol. 34; No 4. 25–50. DOI: 10.24425/122585

7. Siitonen S., Tuomaala M. Ahtila P. Variables affecting energy efficiency and CO2 emissions in the steel industry. *Energy Policy*. Volume 38, Issue 5. pp. 2477–2485. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.12.042.

8. Пилипенко А. А. Стратегічні напрями розвитку підприємств металургійної галузі. *Ефективна економіка*. 2014. № 1. URL <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2800> (дата звернення: 03.09.2023).

9. Asia Pacific Partnership 2010. The State-of-the-Art Clean Technologies (SOACT) for Steelmaking Handbook, 2nd Edition. Berkeley: Asia Pacific Partnership for Clean Development and Climate, 138 pp.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-4>

UNIFIED BLAST FURNACE AIR TUYERE

УНІФІКОВАНА ПОВІТРЯНА ФУРМА ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

Vereshchak V.I.

*Director, Scientific-production firm
“KOSH”, LTD, Dnipro, Ukraine*

Верещак В.І.

*директор, ТОВ Науково-виробнича
фірма «КОШ», м. Дніпро, Україна*

Vereshchak D.V.

*Project manager,
Scientific-production firm “KOSH”,
LTD, Dnipro, Ukraine*

Верещак Д.В.

*менеджер проєктів,
ТОВ Науково-виробнича фірма
«КОШ», м. Дніпро, Україна*

Стійкість фурм доменних печей є одним із найважливіших факторів, що впливають на продуктивність та енергозбереження доменної плавки. Це пов'язано з тим, що однією з найчастіших причин зупинок доменних печей є вихід з ладу повітряних фурм в основному через прогар, що призводить до втрат виробництва чавуну та збільшення витрати коксу.

Накопичений десятиліттями досвід, дозволив спеціалістам ТОВ НВФ «КОШ» домогтися збільшення стійкості повітряних доменних фурм більш ніж у 4 рази порівняно з аналогами, що використовуються в даний

час на металургійних підприємствах України. Зменшити теплові втрати з фурм до 40% та витрати коксу на їх компенсацію на 2 і більше кг/т чавуну за рахунок застосування керамічної вставки.

Досвід роботи на доменних печах дозволив визначити основні напрямки, що дозволяють збільшити стійкість роботи фурм:

- розробка та впровадження технології захисту робочих поверхонь фурми з використанням багатшарових захисних покриттів;
- розробка та впровадження технології виготовлення фурм з керамічною вставкою;
- розробка конструкції дугтьової фурми доменної печі із забезпеченням рівномірного теплостійкого за внутрішнім її об'ємом та зниженням теплових витрат на основі 3D-моделювання процесу та теплотехнічних розрахунків;
- розробка та впровадження технології нанесення тангенціальних канавок на рильну частину фурми для забезпечення повноти спалювання палива.

Розроблено та впроваджено технологію нанесення багатшарового захисного покриття на основі металокераміки з легуючими добавками на зовнішню поверхню фурм на довжину 300 мм від торця рильної частини фурми та по внутрішній поверхні на глибину 100–125 мм товщиною не менше 400 мкм (мал. 1).

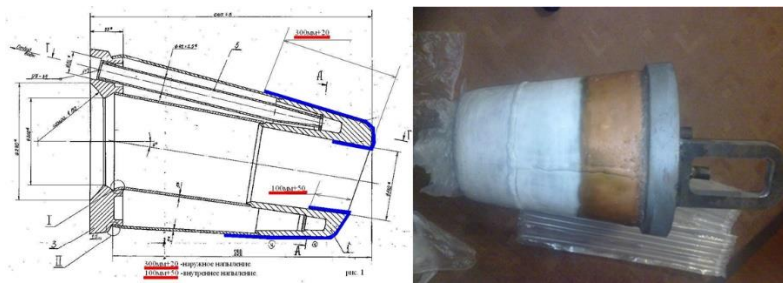


Рис. 1. Схема наплення захисного покриття на фурму (ліворуч) та фото з фурми ПАТ «Запоріжсталь» із захисним покриттям (праворуч)

Встановлення фурменних приладів із захисним покриттям, розроблених ТОВ НВФ «КОШ», на доменних печах показала збільшення стійкості фурменних приладів у 2–4,6 рази порівняно із звичайними фурмами (мал. 2).

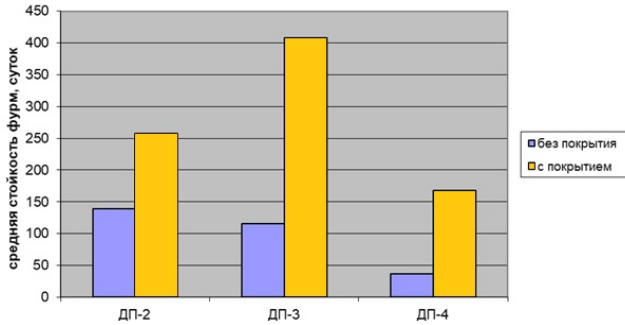


Рис. 2. Порівняння стійкості футр на прикладі ПАТ Запоріжсталь»

Застосування футр із керамічною вставкою за технологією ТОВ НВФ «КОШ» дозволяє збільшити термін служби футр, зменшити теплові втрати на них до 40%, що еквівалентно зменшенню витрати коксу на ~ 2 кг/т чавуну та більше (мал. 3).

У рамках розробки конструкції футри доменної печі із забезпеченням рівномірного теплозйому за внутрішнім її об'ємом та зниженням теплових витрат на основі 3D-моделювання процесу та теплотехнічних розрахунків отримано параметри, що характеризують тепловий стан футр, а також визначено параметри перебігу рідини в порожнині водяного охолодження футр для декількох варіантів конструкції (табл. 1, мал. 4).

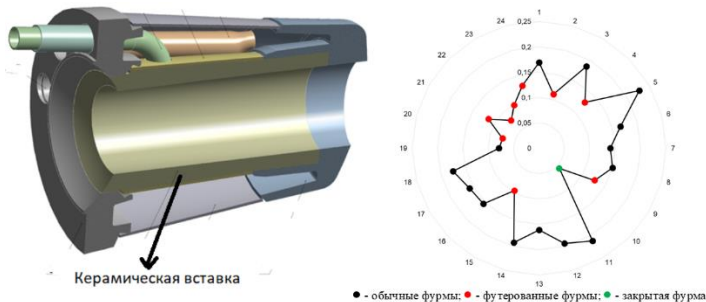


Рис. 3. Футра з керамічною вставкою (ліворуч) та теплові навантаження (в кВт) на футри з керамічною вставкою та без за даними АСУ ДП №3 ПРАТ «МК «АЗОВСТАЛЬ» 2021 р. (праворуч)

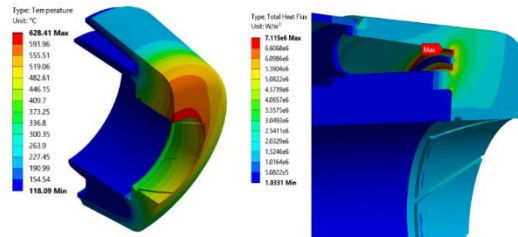


Рис. 4. Результати 3D-моделювання варіантів конструкцій фурми

Таблиця 1

Результати 3D-моделювання варіантів конструкцій фурми

	Базовий варіант	Варіанти конструкції фурми				
		1-а	1-б	1-в	2	3
Максимальна температура на зовнішній поверхні рильної частини фурми, °C	608,6	606,9	627,7	628,4	612,4	611,5
Максимальна температура внутрішньої поверхні рильної порожнини охолодження фурми, °C	133	133,1	132,95	132,95	132,95	132,95
Середня температура внутрішньої поверхні рильної порожнини охолодження фурми, °C	132,95	132,91	132,91	132,91	132,91	132,91
Максимальний тепловий потік, що знімається з поверхні рильної частини фурми, МВт	6,988	7,996	7,044	7,115	7,25	9,94
Запас по критичним тепловим потокам, %	29,4	21	30,5	29,8	28,5	31,5
Перепад тисків у порожнині охолодження фурми, кг/см ³	0,162	0,36	0,36	0,36	0,561	0,253

Підвищення ефективності доменного виробництва за рахунок збільшення стійкості обладнання із застосуванням сучасних конструктивних та технологічних рішень на сьогоднішній день має актуальність, порівнянну з удосконаленням ефективності технології доменного процесу.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-5>

**IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL CONDITIONS
FOR ROLLING ESPECIALLY THIN STRIPS
ON THE CONTINUOUS PLATE MILL 1680**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПРОКАТКИ
ОСОБЛИВО ТОНКИХ ПОЛОС НА СТАНІ НТЛС 1680**

Gribkov E.P.

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

Грибков Е.П.

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

Pozhidayev A.V.

*student (group 136C-22-1м),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Пожидаєв А.В.

*студент гр. 136П-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Зростання попиту на гарячекатану листову продукцію вимагає розширення можливостей вже експлуатованого і новостворюваного устаткування за рахунок прийняття конструкторських і технологічних рішень [1].

Найбільш ефективним способом забезпечення необхідної температури тонких та особливо тонких смуг на ШСГП є прискорення прокатки у чистовій групі клітей. При цьому заправлення переднього кінця смуги в кліті чистової групи та моталку виробляються швидкості 10–12 м/с (в останній кліті). В цьому у разі до початку прискорення чистової групи клітей знижену температуру матимуть 100–200 м довжини смуги.

Звідси випливає висновок, що основним шляхом підвищення температури особливо тонких смуг має стати підвищення позитивної складової температурного балансу процесу деформації з допомогою його інтенсифікації. Інтенсифікацію процесу деформації слід забезпечити за рахунок збільшення товщини підкату та посилення режиму обтискань металу в клітях чистової групи [2].

Щодо обмежень прокатки тонких листів як видно з наведених вище даних існують обмеження за шириною прокату. Так на максимальну ширину 1500 мм стан може викатувати лист товщиною 3,0 мм, при зменшенні товщини до 2,5 мм максимальна ширина складає 1250 мм, а при 1,5 мм лише 1030 мм. Також існують обмеження щодо об'єму виробництва штаб 1,5 мм, що складає не більше 120 т за одну кампанію робочих валків, а це приблизно 10 км. Враховуючи періодичність перевалки чистової кліті на рівні 155 км встановлюємо, що це становить лише 7% від загальної кампанії валків, тобто з усього об'єму прокату стану лист товщиною 1,5 мм становить 7%. В той же час діапазон можливої прокатки листа 1,5 мм становить від 40 до 120 км, а це вже 80 км, таким чином є можливість за певних обставин прокатувати близько 40% від загального обсягу прокату.

За допомогою розроблених програмних засобів були отримані раціональні значення обтиснень (рис. 1, а) та силових параметрів (рис. 1, б) процесу прокатки.

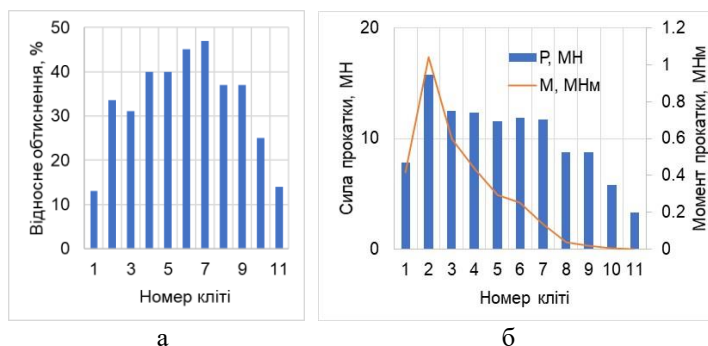


Рис. 1. Розподіл обтиснень (а) та силових характеристик (б) при прокатці штаби 1,5×1500

За допомогою ЕОМ було розроблено оптимальний режим обтиснень, а також розраховані енергосилові параметри – сила, момент та потужність прокатки. Було виконано розрахунок техніко-економічних показників виробництва листової сталі. Розрахунок продуктивності стану показав, що обраний режим роботи стану забезпечує задану продуктивність 2,9 млн т на рік.

Перелік використаних джерел

1. Курпе О. Розвиток наукових основ термомеханічної прокатки плоскої металопродукції з отриманням підвищеного рівня механічних властивостей : дис. ... д-ра техн. наук : 05.03.05. Маріуполь, 2020. 534 с.
2. Mazur V.L., Nogovitsyn O.V. Theory and Technology of Sheet Rolling: Numerical Analysis and Applications. CRC Press, 2018. 494 p.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-6>

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF CARBIDOTHERMAL RECOVERY OF CHROMITE AND MAGNETITE CONCENTRATES

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КАРБІДОТЕРМІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ХРОМІТОВОГО ТА МАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТІВ

Hryshyn O.M.

*PhD (Engineering),
Associate Professor, Ukrainian State
University of Science and Technology,
Dnipro, Ukraine*

Гришин О.М.

*к.т.н., доцент, Український
державний університет науки
та технології,
м. Дніпро, Україна*

Nadtochii A.A.

*PhD (Engineering), Associate
Professor, Ukrainian State University
of Science and Technology,
Dnipro, Ukraine*

Надточій А.А.

*к.т.н., доцент, Український
державний університет науки
та технології,
м. Дніпро, Україна*

Petrenko V.O.

*DSc (Engineering), Professor,
Ukrainian State University of Science
and Technology, Dnipro, Ukraine*

Петренко В.О.

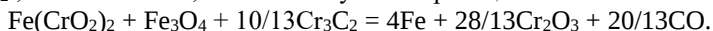
*д.т.н., професор, Український
державний університет науки
та технології, м. Дніпро, Україна*

Одержання залізохромистих губчастих лігатур шляхом твердофазного відновлення складної шихти за участю карбідної фази є актуальним напрямом, що відкриває можливості значно економити матеріальні та енергетичні ресурси. Можливість використання в якості

твердого відновника складних карбідів розглядалася у роботі [1]. Разом з тим, представляє також інтерес комплексного відновлення хромовмісної шихти за участю синтез-газу [2]. При використанні багатокомпонентної шихти, що складається з різних за властивостями оксидів і концентратів, необхідно детальний фізико-хімічний аналіз такої системи, що дозволить оптимізувати умови процесу відновлення.

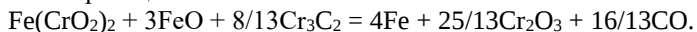
Процес спільного відновлення магнетитового та хромітового концентратів має складні фізико-хімічні закономірності, що обумовлені взаємним впливом двох систем. Для розробки та оптимізації технологічної схеми такого процесу необхідна інформація про термодинамічні та кінетичні закономірності його реалізації. Виходячи з цього, на першому етапі досліджень використано два основні мінерали хромітового та магнетитового концентратів – $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ та Fe_3O_4 . В якості відновника використані Cr_3C_2 самостійно, а також в потоці газів ($\text{Cr}_3\text{C}_2 + \text{H}_2$) і ($\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cr}_3\text{C}_2$).

Спільне відновлення $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ та Fe_3O_4 за участю вуглецю карбіду Cr_3C_2 залежно від О/С та температури може бути реалізовано за двома варіантами: перший варіант реалізується при температурах, що не перевищують температуру початку відновлення Cr_2O_3 за участю карбіду Cr_3C_2 , тобто ~ 1560 К, і може описуватись реакцією



При температурах >1560 К спільне відновлення може протікати за реакцією $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + \text{Fe}_3\text{O}_4 + 62/5\text{Cr}_3\text{C}_2 = 4\text{Fe} + 28/5\text{Cr}_7\text{C}_3 + 8\text{CO}$.

Враховуючи послідовне відновлення оксидів заліза та припускаючи, що на завершальному етапі відновлення магнетиту ($\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$) включається реакція відновлення заліза з хроміту, процес може протікати за реакцією



На етапі відновлення оксиду хрому Cr_3C_2 можлива реакція з утворенням Cr_7C_3 . У процесі відновлення оксиду хрому за участю карбіду та/або монооксиду вуглецю атоми хрому, що утворилися, можуть розчинятися в залізі, термодинамічно полегшуючи процес відновлення і знижуючи вміст вуглецю в кінцевому продукті.

Розрахунок температури початку відновлення, а також рівноважного складу газової фази, для деяких реакцій виконано за методиками, наведеними в [3, 4]. Наведені у цих роботах значення $T_{\text{поч}}$ дозволяють підтвердити припущення про роздільне відновлення $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + \text{Fe}_3\text{O}_4$ на усіх етапах за винятком останнього, при якому можливе паралельне відновлення FeO та заліза хроміту.

Отримані розрахункові дані щодо складів газової фази окремих реакцій карбідотермічного відновлення оксидів, а також реакції газифікації карбіду Cr_3C_2 , представлені на рисунку 1.

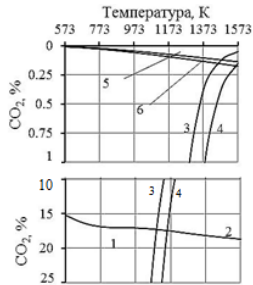


Рис. 1. Склад рівноважної газової фази спільного карбідотермічного відновлення

$\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ та Fe_3O_4 : 1, 3, 6 – $\alpha = 0,25$; 2, 4, 5 – $\alpha = 0,75$.

1, 2 – $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + \text{Fe}_3\text{O}_4 + 5\text{CO} = 4\text{Fe} + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 5\text{CO}_2$;

3, 4 – газифікація Cr_3C_2 ; 5, 6 – $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 33/7\text{CO} = 2/7\text{Cr}_7\text{C}_3 + 27/7\text{CO}_2$

Аналіз отриманих даних свідчить про досить близьку відновність хрому та заліза, що створює передумови для паралельного відновлення Fe та Cr зі складної оксидної сполуки. Найімовірніше, це може мати місце на кінцевій стадії відновлення заліза $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ та $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{Cr}_2\text{O}_3$.

Відновлення шихти ($\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + \text{Fe}_3\text{O}_4$) в ізотермічних умовах проходить у різних швидкісних режимах (див. рис. 2).

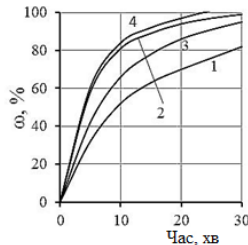


Рис. 2. Кінетика відновлення брикетів на основі хромової руди, магнетитового концентрату та графіту при $\text{C/O}=1$, $\text{Fe/Cr}=1$

та температурах 1573К (1, 3) і 1673К (2, 4): 1, 2 – у потоці аргону;

3 – в потоці H_2 ; 4 – в потоці «сирого» метану CH_4

Відновлення обох оксидів у початковому періоді йде одночасно, тоді як за умов змінного температурного режиму спостерігається послідовне відновлення.

Перелік використаних джерел

1. Grishin A.M., Ivashchenko V.P., Nadtochiy A.A., Shcheglova I.S. Thermodynamic regularities of obtaining spongy ligatures with low carbon content *Теорія та практика металургії*. № 3-5. 2018. С.10-15.
2. Grishin A.M., Simonov V.K., Shcheglova I.S. Physical and chemical background of solid-phase obtaining of Fe-Cr ligature by gas-carbothermic reduction. INFACON XIV – the fourteenth international ferroalloys congress, Ukraine, Kiev, 1-4 June 2015. V. 2. P. 429-435.
3. Simonov V.K., Grishin A.M. Thermodynamic Analysis and the Mechanism of the Solid-Phase Reduction of Cr_2O_3 with Carbon. Part 1. *Russian metallurgy (Metally) Theory of metallurgical Processes*. Vol. 2013. № 6. 2013. С. 425-429. <https://doi.org/10.1134/S0036029513060153>
4. Simonov V.K., Grishin A.M. Thermodynamic Analysis and the Mechanism of the Solid-Phase Reduction of Cr_2O_3 with Carbon. Part 2. *Russian metallurgy (Metally) Theory of metallurgical Processes*. Vol. 2013. № 6. 2013. С. 430-434. <https://doi.org/10.1134/S0036029513060165>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-7>

IMPROVEMENT OF THE ROLLING TECHNOLOGY OF COLD-ROLLED STRIPS ON THE PLATE MILL TANDEM 1680

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОКАТКИ ХОЛОДНОКАТАНИХ СМУГ НА СТАНІ ТАНДЕМ 1680

Dobronosov Yu.K.

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

Доброносів Ю.К.

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

Los S.G.

student (group 136C-22-1m),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine

Лось С.Г.

студент гр. 136П-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна

Підвищення ефективності роботи устаткування є актуальним завданням для прокатного виробництва. Для застарілого обладнання,

для якого вичерпані резерви модернізації, вирішення цього завдання можливе за рахунок вдосконалення режимів обтиснень. Це безпосередньо відноситься і до безперервного стану холодної прокатки Тандем 1680 Запорізького металургійного комбінату.

Слід вказати, що на деяких станах холодної прокатки досі зустрічаються технологічні режими прокатки з рівномірним розподілом обтиснень по клітках і навіть з меншим обтисненням у першій клітці, хоча давно відомо, що при холодній прокатці внаслідок деформаційного зміцнення металу доцільно зменшувати обтиснення від максимуму у першій до мінімуму у останній клітці [1–3]. Однак і в цьому випадку слід раціонально підходити до розподілу обтиснень по клітках, щоб забезпечити рівномірне навантаження на конструкцію та приводи робочих клітей.

Метою роботи була оптимізація режимів обтиснень при прокатці холоднокатаних смуг на безперервному чотирьохклітьовому стані Тандем 1680. Для цього було розроблено програму на основі скінченно-різницевої моделі холодної прокатки. При цьому для опису механічних властивостей матеріалу використовували поліноміальну залежність опору деформації від обтиснення, а значення коефіцієнтів тертя вибирали на основі досвіду експлуатації обладнання.

У якості цільової функції було обрано рівномірне завантаження робочих клітей силою прокатки. В результаті реалізації програми були розраховані оптимальні режими обтиснень. В якості прикладу наведемо результати для прокатки найтоншого для даного стану сортаменту смуги товщиною 0,5 мм, шириною 1000 мм зі сталі 08пс. В цьому випадку оптимальний розподіл обтиснень по клітках склав $\varepsilon_1=0,34$; $\varepsilon_2=0,29$; $\varepsilon_3=0,27$; $\varepsilon_4=0,25$. Сила прокатки склала 12,5 МН у першій і останній і 12,4 МН у другій і третій клітках при допустимій силі 20 МН, тобто є резерви для додаткової інтенсифікації режимів обтиснень за рахунок, наприклад, збільшення товщини заготовки.

Для порівняння було виконано розрахунки для режимів з довільним розподілом обтиснень ($\varepsilon_1=0,4$; $\varepsilon_2=0,3$; $\varepsilon_3=0,25$; $\varepsilon_4=0,21$) і з рівномірним розподілом обтиснень ($\varepsilon_1=\varepsilon_2=\varepsilon_3=\varepsilon_4=0,291$). У першому випадку розподіли сил прокатки по клітках склали $P_1=15,6$ МН; $P_2=13$ МН; $P_3=11,2$ МН; $P_4=9,8$ МН, а у другому $P_1=10,1$ МН; $P_2=12,3$ МН; $P_3=12,8$ МН; $P_4=14$ МН, тобто різниця у силі прокатки між максимально і мінімально завантаженими клітками склала відповідно 37% та 27%, що свідчить про правильність рішення проведення заходів з оптимізації режимів прокатки. При цьому в усіх випадках потужність зростала від першої до останньої клітки внаслідок збільшення швидкостей прокатки, але не перевищувала допустимої.

Аналогічні рішення доцільно провести для всього сортаменту стану Тандем 1680. Розрахунок техніко-економічних показників виробництва

холоднокатаних смуг показав, що запропоновані деформаційно-швидкісні режими забезпечують задану по сортаменту продуктивність.

Перелік використаних джерел

1. V.L. Mazur Theory and Technology of Sheet Rolling: Numerical Analysis and Applications V.L. Mazur, O.V. Nogovitsyn – CRC Press, 2018. 479 p.

2. Ніколаєв В. О. Технологія виробництва сортового та листового прокату : підручник. Частина II / В. О. Ніколаєв, В. Л. Мазур. Запоріжжя : ЗДІА, 2000. 220 с.

3. Analysis of rolling force in cold rolling mill / Li Y., Jiang Z., Li F. *Revue de Metallurgie*. CI. 2009. № 2. P. 69–73.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-8>

INCREASING THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF FIREBRICKS ALUMINUM-SILICATE RAW

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНАСТКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОГНЕТРИВІВ АЛЮМІНО-СИЛКАТНОЇ СИРОВИНИ

Diachenko A.S.

*Student (group 132-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Д'яченко А.С.

*студент гр. 132-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Boyko I.O.

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

Бойко І.О.

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

До вогнетривких відносяться матеріали та вироби, здатні витримувати температуру більше 1580 градусів. В більшості своїй

вогнетривкі матеріали виробляються з мінеральної сировини. Потреба в вогнетривких матеріалах значно зросла за останні кілька десятиліть. Технології створення нових вогнетривких матеріалів (каолінова вата МКРР 130 і ін.) розвиваються в двох основних напрямках: металургія та ізоляція різних теплових агрегатів. В залежності від вмісту окису алюмінію алюмосилікатні вогнетриви підрозділяються на: напівкислі з вмістом Al_2O_3 до 28%; шамотні з вмістом Al_2O_3 від 28 до 45%; високоглиноземисті з вмістом Al_2O_3 понад 45%. Таким чином, основна відмінність цих вогнетривів один від одного полягає в співвідношенні оксидів Al_2O_3 і SiO_2 , переважаючих в їх складі. Решта: окисли Fe_2O_3 , Ti_2O , CaO , MgO , R_2O – є домішками, їх кількість зазвичай не перевищує 4...7% в перерахунку на прожарену речовину [1].

Сировиною для виробництва алюмосилікатних вогнетривів служать або природні глини, іноді з введенням добавок, що підвищують вміст відповідних окислів (напівкислі і шамотні вогнетриви), або природне або штучне сировину з великим вмістом Al_2O_3 (боксити, електроплавлений корунд, силіманіт) для виробництва високоглиноземисті вогнетривів.

Для виготовлення вогнетривкої цегли використовують прес-форми, до яких викладають наступні вимоги. Проектування та контроль якості розробки конструкторської документації на технологічну оснастку повинні відповідати вимогам на даному підприємстві. Порядок виготовлення та контроль якості виготовлення деталей технологічної оснастки (пластин, штампів, гільз, штирів, штампотримачів) повинен відповідати вимогам даного підприємства. Прес-форми збирають за кресленнями, що враховують усадку виробів та зношування оснастки під час експлуатації в межах допусків на сировину. Контроль прес-форм здійснюється контролером ВТК. Всі габарити та розміри сировини повинні відповідати кресленням виданим виробничо-диспетчерським відділом. Сировина повинна мати рівну поверхню з чітко окресленими цілими ребрами та кутами, без ознак недопресовки, викришеності зерен, тріщин, посічок, впадин, кривизни та інших дефектів.

Більшість вогнетривких виробів випускають у вигляді простих виробів типу прямокутного паралелепіпеда масою в кілька кілограмів. Це універсальна форма для виконання футеровки різної конфігурації. На сьогодні в вогнетривкій промисловості відбувається зменшення випуску вогнетривів у вигляді простих виробів і відповідне збільшення виробництва вогнетривких бетонів і мас.

Основним питанням вогнетривкої промисловості є підвищення зносостійкості оснастки для прес-форм для можливості пресування

більшої кількості вогнетривів за один раз. Найбільше зношуються у прес-формі пластини. Для виготовлення бокових та торцевих пластин використовуються такі марки сталі як X12, іноді трапляються X12МФ. Для загартовування даних видів сталі використовують соляні ванни з електродами.

Соляна ванна з електродами – це заповнена сіллю ванна, в яку опущені електронагрівачі. Така конструкція дозволяє забезпечити рівномірний і швидкий розігрів, особливою популярністю користується для гартування інструментів. Останнім часом найпоширенішими стають електродні соляні ванни з винесеними електродами, що являють собою круглі або прямокутні стрижні. У ванні вони розташовуються на відстані 20–25 мм один від одного. Завдяки струму, що проходить між електродами, сіль отримує розігрів, виникає інтенсивна теплова циркуляція, частинки солі піднімаються вгору і розходяться по верхньому краю. Загартування швидкорізальної сталі в соляній відбувається в 5 разів швидше, ніж у газонагрівальній або електронагрівальній печі, при цьому тепло рівномірно розподіляється по всій поверхні виробу [2]. За документацією пластини загартовують до твердості 56...62 HRC, але, в основному, твердість пластин досягає позначки 57...58 HRC.

Експериментально було запропоновано загартовувати пластини простої геометричної форми до твердості 60...61 HRC, беручи до уваги закономірність твердості сталі та її стійкості. Даний експеримент вимагає більшої точності і уваги до процесів гартування та роботи з соляної піччю, проте він показав позитивний результат, адже зносостійкість пластин підвищилася, проте не на багато. Результати показали, що пластини стали стійкіші при виготовленні алюмосилікатних вогнетривів, але очікувався більш позитивний ефект від запропонованого експерименту.

Ще одним експериментом було замінити марку сталі для виготовлення пластин з X12 на 20X, з її подальшим цементуванням. Однак цей експеримент треба вважати невдалим через те, що зносостійкість не збільшилася, а при реставрації пластин цементация зішліфовується і залишається сирий метал з твердістю до 35 HRC та недостатньою зносостійкістю.

Отже, вогнетривкі матеріали і вироби забезпечують ефективну експлуатацію основних технологічних агрегатів і машин в більшості галузей сучасної промисловості, проте їх виробництво це складний процес, який вимагає приділення уваги до багатьох процесів, в тому числі і виготовленні оснастки для збирання прес-форм різної складності.

Робота над вдосконаленням процесів підвищення її зносостійкості та міцності тривають і по сьогодні. Шукаються нові методи та проводяться нові дослідження для поглиблення знань та модернізації виробництва вогнетривкої промисловості.

Перелік використаних джерел

1. Шмиг Р. А., Боярчук В. М., Добрянський І. М., Барабаш В. М. Вогнетривкі матеріали. *Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури* / за заг. ред. Р. А. Шмига. Львів, 2010. С. 52.
2. Сігова В. І., Юскаєв В. Б., Будник А. Ф. Технологія і проектне рішення термічних цехів і дільниць : навч. посіб. Суми : Вид-во СумДУ, 2010. 318 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-9>

REFINING METAL IN A TUNDISH FROM NON-METALLIC INCLUSIONS WHEN BLOWING IT WITH ARGON

РАФІНУВАННЯ МЕТАЛУ У ПРОМІЖНОМУ КОВШІ МБРЗ ВІД НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПРИ ПРОДУВАННІ АРГОНОМ

Yefimova V.G.

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

Єфімова В.Г.

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

Головним показником, що дозволяє оцінити якість відливої продукції, є вміст неметалевих включень. При цьому слід врахувати той факт, що безпосередній відбір проб і дослідження зразків фізико-хімічної системи розплав сталі-шлак – неметалеві включення неможливо.

У процесі продування стали інертним газом бульбашки аргону захоплюють краплі металу з неметалевими включеннями, що містяться у них, а потім виносяться в шлакову фазу, де протікає процес адсорбції їх шлаком [1–3]. При цьому механізм і кількість видалених включень у даному випадку все ще недостатньо вивчені, а більшість дослідників в основному розглядає механізм захоплення металевих крапель у шлак і

висловлює припущення, що рушійною силою цього процесу є розрив металевої плівки на аргоновому пухирі.

Для визначення траєкторії руху одиначної краплі заліза, що переміщається у шлаковій фазі, було використано закон балістичного руху в координатній формі.

В результаті було визначено резидентний час перебування крапель металу у шлаковій фазі при різних витратах інертного газу та діаметрах пузиря аргону.

Результати розрахунків показали, що швидкість рафінування, а, отже, і вміст неметалевих включень знижується з часом і при досягненні резидентного часу 1,2 с стає постійною і становить 0,4%⁻¹.

Для перевірки теоретичних розрахунків було проведено порівняльні експерименти з використанням продувних фурм великої протяжності рис.1 шляхом розливання дослідно-промислових серій плавов.

Метою досліджень було визначення кількості та складу неметалевих включень у безперервнолитих слябах та готовому прокаті.

Після остаточної установки промківша МНЛЗ подачу аргону починали при досягненні рівня, що відповідає приблизно 40 т рідкого металу. Витрата аргону становила 5, 9, 12 і 15 л·мин⁻¹ при тиску 6 атм.

Промислові дослідження проводилися на сталі марки BVA на слябі перетином 200x1245 мм.

Оцінка неметалевих включень проводилася за ASTM EN 45-05 методом А.

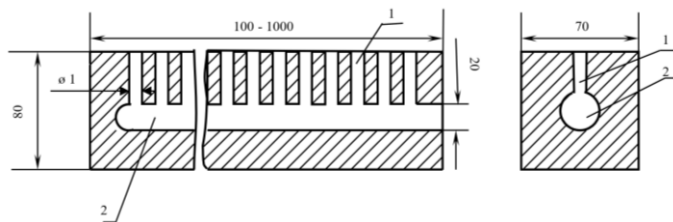


Рис. 1. Конструкція протяжної фурми: 1 – малий газовидільний канал; 2 – основний газорозподільний канал

Результати оцінки неметалевих включень наведені у Таблиці 1.

Дані промислових випробувань показали, що найкращі результати рафінування металу від неметалевих включень спостерігаються за витратами газу 10–12 л·мин⁻¹.

Таблиця 1

Результати оцінки неметалевих включень методом А

Витрати аргону л·хв ⁻¹	Бал неметалевих включень	Тип А		Тип В		Тип С		Тип D		Діаметр вкл., мкм
		тонкі	товсті	тонкі	товсті	тонкі	товсті	тонкі	товсті	
15	Середній бал	0,58	0,17	0,58	0	0	0	1,0	0	4,42
	Максимальний бал	1,0	1,0	2,5	0	0	0	1,0	0	5,08
13	Середній бал	1,75	0	1,08	0	0	0	1,0	0	3,06
	Максимальний бал	2,5	0	2,5	0	0	0	1,0	0	5,08
12	Середній бал	0,5	0	1,0	0	0	0	0,5	0	1,62
	Максимальний бал	0,5	0	1,5	0	0	0	0,5	0	4,08
10	Середній бал	0,5	0	0,33	0	0	0	0,5	0	1,7
	Максимальний бал	0,5	0	1,0	0	0	0	0,5	0	4,9
9	Середній бал	1,17	0,58	1,33	0,17	0	0	1,0	0,42	2,87
	Максимальний бал	1,5	2,0	2,0	0,33	0	0	1,0	1,5	4,9
5	Середній бал	1,83	0,08	0,67	0,19	0	0	1,0	1,17	1,86
	Максимальний бал	3,0	0,5	2,0	0,4	0	0	1,0	2,0	5,08

Результати роботи свідчать, що збільшення резидентного часу перебування краплі металу в фазі шлаку сприятливо позначається на процесі рафінування металу від неметалевих включень. При цьому його діапазон лежить в 0,1–0,6 с, а середня швидкість рафінування становить 0,27–0,30% мас·с⁻¹. Металографічні дослідження підтвердили, що найкращі результати рафінування досягаються при витраті газу в діапазоні 10–12 л·хв⁻¹.

Перелік використаних джерел

1. Huang J., Yuan Z., Shi S., Wang B., Liu C. Flow characteristics for two – strand tundish in continuous slab casting using PIV. *Metals*. 2019. № 9. P. 41–52.
2. Gushchin V. N. , Ul'yanov V. A. Improved tundish refining of steel in continuous-casting machines. *Steel in Translation*. 2017.Vol. 47. N 5. P. 320–324.
3. Smirnov, A.N., Efimova, V.G., Verzilov, A.P., Maksaev, E.N. Clogging of submersible nozzles in continuous slab-casting machines. *Steel in Translation*, 2014, Vol. 44 (11), P. 833–837.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-10>

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THERMAL WORK OF METAL RECEIVERS OF BLAST FURNACES OF DIFFERENT DESIGNS

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ РОБОТИ МЕТАЛОПРИЙМАЧІВ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ РІЗНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Zhabrovets P.M.

*Deputy Director of Sinter & BF
Department for Reconstruction &
Perspective Development, PJSC
“ArselorMittal Kryvyi Rih”,
Kryvyi Rih, Ukraine*

Жабровець П.М.

*заступник директора аглодоменного
департаменту по реконструкції
та перспективному розвитку,
ПАТ «АрселорМітал Кривий Ріг»,
м. Кривий Ріг, Україна*

Chaika O.L.

*PhD (Engineering), Senior Research
Scientist, Iron and Steel Institute
named Z.I. Nekrasov of the National
Academy of Sciences of Ukraine,
Dnipro, Ukraine*

Чайка О.Л.

*к.т.н., старший науковий
співробітник, Інститут чорної
металургії імені З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
м. Дніпро, Україна*

Kornilov B.V.

*PhD (Engineering), Senior Research
Scientist, Iron and Steel Institute
named Z.I. Nekrasov of the National
Academy of Sciences of Ukraine,
Dnipro, Ukraine*

Корнілов Б.В.

*к.т.н., старший науковий
співробітник, Інститут чорної
металургії імені З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
м. Дніпро, Україна*

Lebid V.V.

*PhD (Engineering), Senior Research
Scientist, Iron and Steel Institute
named Z.I. Nekrasov of the National
Academy of Sciences of Ukraine,
Dnipro, Ukraine*

Лебідь В.В.

*к.т.н., старший науковий
співробітник, Інститут чорної
металургії імені З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
м. Дніпро, Україна*

Металоприймач є зоною доменної печі, футерування якого зазнає хімічного, механічного впливу внаслідок відновлення заліза та формування кінцевого шлаку, високих температур та руху розплавів. Тому стан горна та поду значною мірою визначає тривалість кампанії доменної печі. Таким

чином, збільшення стійкості та експлуатаційної надійності горна та поду сучасних доменних печей є актуальною задачею.

Питання підвищення експлуатаційної надійності горна та продовження кампанії доменних печей вирішуються шляхом:

- вдосконалення конструкцій горна та поду, застосуванням нових вогнетривких матеріалів, що забезпечують надійність роботи доменної печі;
- вибору надійної системи чи вдосконаленням існуючої системи охолодження металоприймача;
- використання сучасних АСУ ТП, що мають у своєму складі підсистему контролю розпалу футерівки горна та поду.

У сучасній методології конструкції горнів доменних печей розробляються два основні напрямки:

- «термічний» підхід – спроба ув'язати комбінацію вогнетривких матеріалів із системою охолодження, використання матеріалів із високими теплопровідними властивостями на основі графіту, напівграфіту та вуглецю;
- «вогнетривкий» підхід – використання комбінації зносостійких матеріалів на основі вуглецю та кераміки («керамічний стакан»).

В Україні при відновлювальних ремонтах доменних печей було віддано перевагу конструкції металоприймачів із застосуванням «керамічного стакану». Вперше доменна піч з таким дизайном горна була виконана у 2008 р. на ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» на ДП № 8 та успішно функціонувала до видування у 2019 році. Через 11 років експлуатації «керамічний стакан», реалізований компанією «Saint-Gobain», зберігся в поді (рис.1). Надалі конструкція металоприймача з керамічним стаканом успішно застосовувалася на ДП № 3 ПрАТ «Єнакіївський металургійний завод», ДП №3 ПАТ «Запоріжсталь», ДП № 3 та ДП № 4 ПрАТ «МК «АЗОВСТАЛЬ».



**Рис. 1. Фотокадр залишків керамічного стакану «Saint-Gobain»
на рівні 8-го ряду вуглецевих блоків
ДП № 8 ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»**

Встановлено, що більші теплові втрати $\sim 1,4\text{--}1,8$ МВт спостерігалися на ДП № 8 ПАТ «АМКР», ДП № 2 та ДП № 4 ПАТ «Запоріжсталь», менші – $\sim 0,9\text{--}1,3$ МВт – на ДП № 3 «Запоріжсталь» та ДП № 3 «МК «Азовсталь» (табл. 1).

Таблиця 1

Мінімальні, максимальні та середні теплові навантаження теплових втрат горна і поду доменних печей України

Доменна піч, об'єм	Теплові втрати, кВт			Питомі теплові втрати на одиницю корисного об'єму печі, кВт/м ³		
	min	середнє	max	min	середнє	max
ДП № 3 «МК «Азовсталь», 1800 м ³	746	1030	1181	0,373	0,515	0,591
ДП № 8 «АМКР», 2700 м ³	961	1605	1984	0,356	0,594	0,735
ДП № 3 «Запоріжсталь», 1513 м ³	583	1248	1488	0,342	0,732	0,872
ДП № 2 «Запоріжсталь», 1513 м ³	862	1381	1813	0,570	0,912	1,198
ДП № 4 «Запоріжсталь», 1513 м ³	1319	1573	1803	0,872	1,040	1,192

** сірою заливкою виділено доменні печі з «керамічним стаканом»*

Однак, звичайне зіставлення теплових втрат не дозволяє оцінити вплив конструкції печі на теплову роботу горна і поду через різний об'єм доменних печей і, як наслідок, різного об'єму чавуну, що виробляється. Тому виконано оцінку питомої величини теплових втрат металоприймача на одиницю об'єму доменної печі.

Величина питомих теплових втрат на одиницю об'єму печі на доменних печах з керамічною склянкою ($\sim 0,4\text{--}0,7$ кВт/м³) значно менше, ніж доменних печах без нього ($\sim 0,9\text{--}1,1$ кВт/м³). Така відмінність між питомими тепловими втратами еквівалентна меншій витраті коксу на компенсацію теплових втрат горна та поду на $0,5\text{--}1,1$ кг/т на доменних печах з керамічним стаканом (табл. 1).

Таким чином, встановлено, що узагальнюючим параметром порівняння теплової роботи металоприймачів доменних печей є питомі теплові втрати на одиницю корисного об'єму печі.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-11>

**STUDY OF THE ROLLED STOCK SEPARATING
INTO WORKPIECES USING BREAKING BY BENDING
WITH STATIC-DYNAMIC LOADING**

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗДІЛЕННЯ ПРОКАТУ НА ЗАГОТОВКИ
ЗА ДОПОМОГОЮ ЛОМКИ ЗГИНОМ
СТАТИКО-ДИНАМІЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ**

Karnaukh S.G.

*PhD (Engineering), Associate
Professor, Donbas State Engineering
Academy, Kramatorsk, Ukraine*

Карнаух С.Г.

*к.т.н., доцент, Донбаська державна
машинобудівна академія,
м. Краматорськ, Україна*

Markov O.Ye.

*DSc (Engineering), Professor, Donbas
State Engineering Academy,
Kramatorsk, Ukraine*

Марков О.Є.

*д.т.н., професор, Донбаська
державна машинобудівна академія,
м. Краматорськ, Україна*

Aliiev I.S.

*DSc (Engineering), Professor, Donbas
State Engineering Academy,
Kramatorsk, Ukraine*

Алієв І.С.

*д.т.н., професор, Донбаська
державна машинобудівна академія,
м. Краматорськ, Україна*

At the present stage of mechanical engineering development, the problem of energy resources and metal economical use during its processing specifies ever increasing requirements to technology and equipment for separating raw materials into workpieces. This requires the development of already known and the creation of new effective separation processes and equipment for their implementation [1].

In this paper, a method of separating rolled stock using cold breaking by bending is considered. The idea of the method consists in a preliminary stress concentrator applying to the rolled stock and bending of the rolled stock until it breaks in the stress concentrator. A brittle crack in terms of its potential is an ideal tool for waste-free separation of solid materials into parts. At the same time, the energy consumption for cutting is approaching to its minimum possible theoretical level [1]. However, the widespread adoption of this separation method is hindered by the unstable nature of crack propagation. This leads to a low quality of the resulting workpieces.

The development and application of effective methods of destruction control can significantly improve the method of rolled stock breaking into workpieces and also create fundamentally new methods suitable for obtaining workpieces for machining. They are based on understanding the reasons leading to undesirable fracture deviations from a given trajectory. This allows to propose effective ways to improve the quality of the resulting surface [2].

However, in the process of shock loading at high rates, the bending of the specimen is accompanied by elastic deformations and vibrations at the contact with the supports and the tool. In this case, the fracture process becomes uncontrolled due to the instability of the crack trajectory [2]. Insufficient information about the causes of this phenomenon and possible methods of dealing with it contributes to the belief that supercritical destruction is an uncontrolled process. It cannot be used for high-quality separating of rolled stock into workpieces [1]. This is explained, among other things, by the complexity of describing the destruction dynamics, and by the prevailing disproportion between the development of theoretical and experimental methods for studying the cracks propagation in dynamic fracture mechanics [2].

It is also necessary to take into account the inertial loads arising from the displacement and rotation of the specimen halves in the process of separation using the method of breaking by bending.

To solve this problem, it is proposed to load the specimen with a static force before separation. This allows to provide the initial displacement of the specimen in contact with the supports and to reduce the vibration of the specimen and the tool. The possibility of preliminary static loading in combination with a high deformation rate allows to create a complex stress state scheme in the specimen, which provides the required geometric accuracy and quality of the resulting workpieces [1, 2].

Conclusions:

1. Combined static-dynamic loading during cold breaking by bending allows to reduce high-frequency vibrations of the «tool – specimen – support» system, and also to eliminate the violation of the specimen contact with the supports, to reduce the peak values of the forces from the side of the punch and supports.

2. The presence of a static force at the moment of impact provides a certain initial level of tensile stresses in the zone of the stress concentrator, which increases crack controllability. It is assumed that a fracture crack will always propagate in the area of tensile stresses, which improves the quality of the workpieces being separated. A more noticeable improvement in the quality of the workpieces will manifest itself when separating specimens of large cross-sections.

3. The reactive forces from the side of supports from the static force action coincide with the direction of the inertial forces of the specimen halves and additionally break the specimen. In this case, with an increase in the specimen length, the value of its separation from the supports in the initial phase of loading decreases, which has a positive effect on the quality of the obtained workpieces.

4. The magnitude of the static force required to eliminate the separation of the specimen from the supports depends on the stiffness of the contact between the head and the intermediate punch and increases with the increase in the stiffness of the contact between the head and the intermediate punch. The contact stiffness value between the head and the intermediate punch should be selected as optimal one due to the special design of the punch.

5. The obtained experimental results confirm the adequacy of the specimen separation mathematical model by the breaking method under dynamic and static-dynamic loading. It has been experimentally established that the value of the preliminary static force must be at least 40% of the force at which the specimen is failed.

6. Analysis of the values for the brittle cracks breakthrough rates shows that they are practically the same under dynamic and static-dynamic loading and are, respectively: 60Si7 – 120 m/s; C45 – 80 m/s (Fig. 1); 37Cr4 – 70 m/s; C20 – 50 m/s. The crack velocities do not reach critical values, and therefore the quality of the separated workpieces is quite high.

7. The obtained results can be used to improve the technology of the separating rolled stock into dimensional workpieces by the method of cold breaking bending.

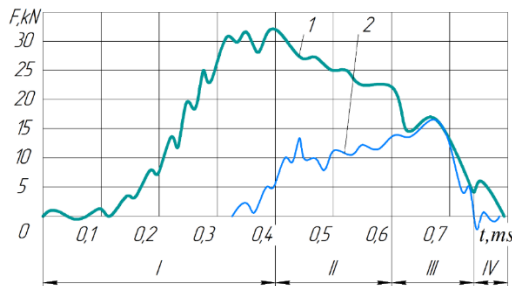


Fig. 1. Zones of crack propagation under dynamic loading of specimens from steel C45 according to the three-point bending scheme:

1 – $F_4 = f(t)$ – technological force at the punch;

2 – $F_6 = f(t)$ – force at the support

Bibliography

1. Karnaukh S. G., Aliiev I. S. Research of process of division of grade rolling on the measured blanks by method of breaking bend at static and shock loading. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. Випуск №1 (112). С. 81–87. DOI: 10.37128/2520-6168-2021-1-10.

2. Karnaukh S. G., Markov O. E., Kukhar V. V., Shapoval A. V. Research of the rolled stock separating into workpieces using breaking by bending with dynamic and static-dynamic force. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2022. №120. P. 2763–2776. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-022-08902-0>.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-12>

SOME ASPECTS OF THE USE OF POROUS FILTERS DURING ALUMINIUM CASTING

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ПОРИСТИХ ФІЛЬТРІВ ПРИ ВІДЛИВАННІ АЛЮМІНІЮ

Karpukhin Ye.O.

PhD student, Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Карпукхін Є.О.

аспірант, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів Національної академії наук України, м. Київ, Україна

Smirnov Yu.O.

PhD (Economics), Senior Researcher, Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Смірнов Ю.А.

к.е.н., доцент, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів Національної академії наук України, м. Київ, Україна

Smirnov O.M.

DSc (Engineering), Professor, Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Смірнов О.М.

д.т.н., професор, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів Національної академії наук України, м. Київ, Україна

Основне призначення жолобів і литникових систем – нетурбулентна подача металу в порожнину литійної форми. Однак, з урахуванням того, що

компоненти литникової і працюючої систем можуть бути перероблені, таке виробництво вимагає додаткових витрат. До значних витрат на переробку відносять витрати на енергію, додаткову робочу силу і витратні матеріали, необхідні для її виробництва, а також втрати і витрати, пов'язані з утилізацією. За рахунок заливки безпосередньо через литниковий канал, з'єднаний з литниковою чашею або встановлений на бічному вхідному отворі поруч з виливком, виключаються значні витрати, пов'язані з використанням звичайних литникових систем. Пряма заливка знизить наливаєму масу і збільшить вихід, сприяючи при цьому розвитку плавного руху потоку в порожнину і поліпшенню градієнтів температури.

Розроблена нами установка прямої заливки для лиття у пісчані або постійні форми, що включає ізоляційну заливальну втулку, яка також може діяти як стояк, з пінокерамічним фільтром для уловлювання неметалевих включень і зміни розплаву, по мірі його потрапляння в порожнину лиття. Крім збільшення ефективності за рахунок виключення розширених литникових систем, пряме заливання може покращити якість лиття, зменшити витрати на електроенергію та очищення, а також підвищити загальну продуктивність алюмінієвих ливарних операцій.

З 1950-х років для сепарації неметалевих включень почали використовуватися різні типи фільтруючих пристроїв, розміщених в литниковій системі. В кінці 1980-х років було визнано, що здатність деяких фільтрів змінювати плинність розплаву за рахунок зниження його швидкості і турбулентності на вході в прес-форму так само важлива для якості лиття, як і захоплення неметалевих включень.

Однак не всі фільтруючі пристрої були однаково ефективні. Фільтри, що використовуються у виплавці алюмінію, включають двовимірні екрани, тривимірні фільтрувальні сітки та екструдовані керамічні фільтри, а також сітчасті пінокерамічні фільтри / модифікатори потоку:

Двовимірні екрани. Скловолоконні екрани забезпечують обмежену фільтрацію і при номінальній товщині по суті двовимірні. Вони викликають розщеплення потоку рідини, як це спостерігалось при моделюванні на воді. Підвищена турбулентність і залучене повітря сприяють утворенню двошарових сухих оксидів при використанні екранів для фільтрації розплавленого алюмінію.

Тривимірні фільтрувальні сітки та екструдовані комірчасті фільтри. Тривимірні пресовані фільтрувальні сітки і екструдовані комірчасті фільтри з прямими проходами забезпечують помірну фільтрацію і зниження турбулентності, але в моделюванні на воді спостерігається залучення повітря, що призводить до утворення оксидів і бульбашковому пошкодженню алюмінієвих виливків.

Пінокерамічні фільтри з сітчастою структурою. Пінокерамічний фільтр з сітчастою структурою являє собою тривимірну мережу сферичних пор, з'єднаних вікнами. У порівнянні з іншими фільтруючими пристроями, вони забезпечують відмінну фільтрацію, низьку турбулентність і запобігають проходженню залученого повітря через фільтр для зменшення повторного окислення, про що свідчать експерименти з моделювання на воді. Мережа пор в пінокерамічному фільтрі створює звивистий шлях для розплаву. Через сухий характер оксидів алюмінію вони погано прилягають до стінок з вогнетривких матеріалів, тому для відділення дрібних неметалевих частинок необхідний звивистий шлях. При взаємодії зі стінками фільтра вони захоплюються за рахунок механічного захоплення і сил тертя.

При розташуванні пінокерамічного фільтра у шлакоуловлювачі, він повністю заповнюється без залучення повітря до того, як розплав потрапить в порожнину литійної форми. При повному заповненні шлакоуловлювача, не відбувається розбризкування і турбулентності, і розплав рівномірно заповнює порожнину.

Дослідження швидкості потоку розплаву через пінокерамічний фільтр показує, що перед заповненням фільтра спостерігається дуже коротка «пауза», обумовлена нагріванням фільтра до робочої температури і контактом розплаву з поверхнею вогнетривів. Ця невелика затримка дозволяє повністю заповнити дно порожнини форми, запобігаючи потраплянню в неї повітря.

Так, при розміщенні в шлакоуловлювачі різних фільтруючих пристроїв спостерігається в різному ступені зменшення турбулентності і залучення повітря, відзначаються відмінності в заповненні робочої порожнини форми. Екрани, фільтрувальні сітки, екструдовані комірчасті фільтри мають деяку фільтруючу здатність, але мають низьку здатність зменшувати турбулентність. Сітчасті пінокерамічні фільтри при правильному застосуванні забезпечують найкращу фільтрацію, модифікацію потоку і захист від захоплення повітря.

Впровадження модифікатора потоку / пінокерамічного фільтра в ливарному виробництві алюмінію можна порівняти з додаванням нового обладнання, призначеного для підвищення продуктивності без капітальних витрат. Використання модифікації фільтрації / потоку відкриває нові можливості на додаток до спрощення конструкції литника. Вона дає можливість вносити зміни у весь процес лиття. Ливарні підприємства можуть розглядати питання ливарної технології шляхом модифікації фільтрації / потоку, так само, як якщо б була побудована нова піч або механізм автоматичного формувального обладнання.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-13>

INCREASING THE SERVICE LIFE OF ROLLING STOCK WHEELSETS

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ КОЛІСНИХ ПАР РУХОМОГО СКЛАДУ

Kashuba Yu.A.

*student (group 132-22-1м),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Кашуба Ю.А.

*студент гр. 132-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Boyko I.O.

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

Бойко І.О.

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

Залізничний транспорт є однією з базових галузей економіки України. Він відіграє головну роль у здійсненні внутрішньодержавних і значну – у зовнішньодержавних економічних зв'язках України. Особливо під час війни, коли залізничний транспорт займає перше місце в логістиці та є перенавантаженим

Нажаль, в умовах підвищеної експлуатації та обмеженості ресурсу для повноцінного ремонту локомотивів відстежується значне погіршення стану локомотивного парку, зокрема колісних пар. Колісна пара є однією з головних деталей будь-якого локомотива є, яка і є відповідальною за безпеку руху. Надійність роботи колісних пар значною мірою залежить від стану гребнів і бандажів. Наразі зношення колісних пар через умови експлуатації та стану тракційних шляхів – одна із головних проблем ремонту рухомого складу. Тому гостро стоїть питання по підвищенню ресурсу колісних пар залізничного рухомого складу [1].

Існують різні методи підвищення ресурсу колісних пар тягового залізничного рухомого складу, але останнім часом актуалізувалося наплавлення колісних пар, і ця ремонтна операція виконується у на ділянках локомотивних та вагоноремонтних депо. Наплавлення передбачає нанесення розплавленого металу на оплавлену металеву

поверхню з подальшою його кристалізацією для створення шару із заданими властивостями і геометричними параметрами.

Бандажі колісних пар вантажних локомотивів виготовляють згідно ДСТУ 398:2016. Хімічний склад сталі бандажу наведений у таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад сталі бандажу колісної пари

Масова частка елементів, %						
C	Mn	Si	Cr	V	P	S
				не більше		
0,65...0,7	0,6...0,9	0,20...0,45	0,2...0,6	0,15	0,03	0,02

Суцільнокатані колеса вантажних локомотивів зі спокійної сталі, отриманої мартенівським, киснево-конверторним або електро-сталеплавильним способом згідно ДСТУ 10791-2006.

За складом вуглецю в сплаві бандажу та колеса – це середньо вуглецева сталь. Чим більше вуглецю в сплаві, тим твердіше метал.

Марганець додають в сталь для зниження негативного впливу сірки і кисню в складі, що збільшує міцність і твердість металу. Проте вміст марганцю зменшує його ударостійкість.

Кремній до 0,4% особливого впливу на якість сталі не має, але при більшому вмісті, кремній покращує пружні властивості сталі, стійкість до корозії і до окислення при високих температурах.

Наплавлення гребнів колісної пари без викатки виконують з використанням наступних матеріалів: суцільного дроту, порошкового дроту та флюсу.

Зварювальний дріт зі сталі з низьким вмістом вуглецю марки СВ08 і СВ08А призначений для автоматичного зварювання під флюсом вуглецевих сталей із межею плинності 235...285 МПа та наплавлення буферних або робочих шарів.

При зварюванні металів, що мають різні легуючі елементи (молібден, кремній, хром та ін.) можуть виникати різні проблеми, що впливають безпосередньо на якість отриманого зварного з'єднання (тріщини, пори, непровари тощо). Для того, щоб уникнути труднощів та проблем, необхідно дуже добре знати, як впливає той чи інший легуючий елемент на зварюваність виробу.

Процес наплавки гребня колісної пари.

Установка для наплавлення гребнів коліс, без викатки колісних пар з-під локомотива, представлена на рис. 1.

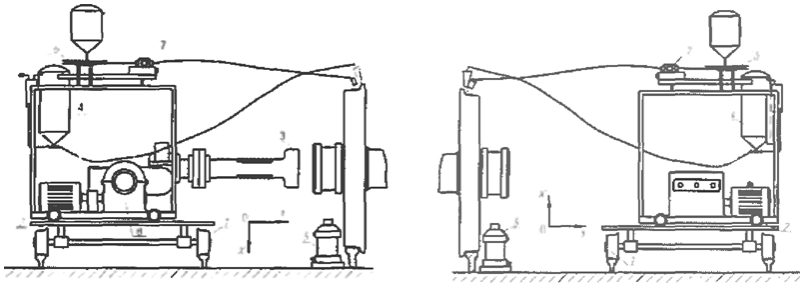


Рис. 1. Установка для наплавлення гребенів колісних пар без викатки

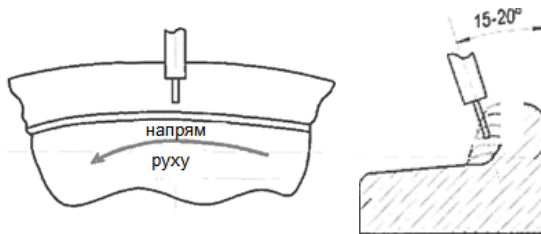


Рис. 2. Схема розташування пальника і накладення шарів

Температура деталей перед наплавленням і приміщень, у яких проводять відповідальні наплавочні роботи, має бути не нижче $+5^{\circ}\text{C}$. При цьому не повинно бути протягів, різких температурних перепадів і потрапляння вологи на місце зварювання.

У разі, якщо в приміщенні немає можливості дотримуватися позитивного температурного режиму, допускається застосування локальних джерел тепла, що забезпечують рівномірне прогрівання колеса, що наплавляється, або бандажа, з урахуванням дотримання правил охорони праці та пожежної безпеки.

Наплавлення зношеної ділянки гребеня і переходу поверхні кочення в поверхню гребеня проводити самозахисним порошковим дротом ПП-Нп-ПСТП ТУ У 28.7-30268695-006-2004 діаметром 2,2...2,4 мм, або зварювальним дротом Св-08А діаметром 2 мм під шаром флюсу АН-348, виготовленим за ДСТУ EN ISO 14174-S.

Порошковий дріт ПП-Нп-ПСТП має ефект самозміцнення поверхні в процесі експлуатації (наклепом поверхні).

Дріт ПП-Нп-ПСТП перед наплавленням має бути очищеним від бруду та іржі, прожарено при температурі $250...300^{\circ}\text{C}$, час витримки

1,5...2,0 години. Дріт Св-08А перед наплавленням повинен бути очищений від бруду, масел та іржі. Флюс АН-348 перед наплавленням має бути прожарений за температури 250...300°C, час витримки 1,5–2,0 години.

Режими наплавлення наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Режими наплавлення колісних пар порошковим
та суцільним дротом**

Дріт	Діаметр дроту, мм	Ізв, А	Уд, В	У _{нп} , м/г	/в, мм
ПП-Нп-ПСТП	2,2	240...260	34-36	170...180	30
ПП-Нп-ПСТП	2,4	260...280	36-38	170...180	30
Св-08А	2	200...240	32-34	100...120	30

Перевагами безвкатного наплавлення тягових агрегатів та локомотивів є значна економія часу на розбирання, викатку колісномоторних блоків, демонтажу коліс, а також значне зменшення об'єму маневрових робіт для постановки локомотиву на скатоопускник.

Висновок: існуючий метод наплавлення колісних пар дозволяє виконувати відновлення гребня з мінімальними трудозатратами, але все ж таки потребує удосконалення для збільшення терміну експлуатації колісної пари.

Перелік використаних джерел

1. О.В. Лаврухін, Г.С. Бауліна, О.М. Костенніков, Г.С. Богомазова Вантажні перевезення на залізничному транспорті: Харків: УкрДУЗТ, 2015. Ч. 1. 260 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-14>

COMPARATIVE ANALYSIS OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL MODELS IN PLASTIC DEFORMATION

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПЛАСТИЧНОМУ ДЕФОРМУВАННІ

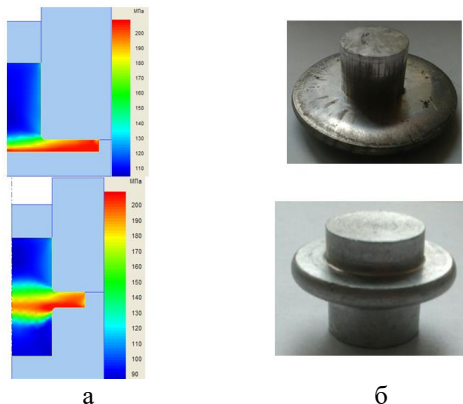
Kordenko M.Yu.

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

Корденко М.Ю.

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

Для отримання якісного та кількісного аналізу деформованого стану, перевірки розрахункових залежностей, виведених у результаті теоретичного аналізу, встановлення закономірностей формозміни, обґрунтування та вибору раціональних схем та режимів деформування доцільним є комбінування теоретичних (скінченно-елементне моделювання, далі МСЕ) та експериментальних (фізичне моделювання) досліджень (рис. 1).



**Рис. 1. Скінченно-елементні моделі, що отримані в програмному
продукті QForm2D (а) та результати фізичного моделювання (б)
в процесі радіального видавлювання**

Аналіз силового режиму, оцінка особливостей формозміни та відомості, необхідні для прогнозування якості деталей, оцінки надійності та працездатності штампового оснащення з роз'ємними матрицями.

Для досягнення цілей дослідження та коректного вирішення поставлених завдань застосовується комплексний підхід, який передбачає етап проведення постановочних досліджень для виявлення значущих факторів, етап проведення досліджень для підтвердження результатів, зіставлення теоретичних та експериментальних результатів, їх перевірки адекватності в рамках розробленої математичної моделі. Залежно від достовірності визначення та завдання граничних умов на контактних поверхнях значною мірою залежить точність експериментальної перевірки результатів теоретичного аналізу силових та деформаційних режимів процесів формозміни.

Оцінка особливостей формозміни дозволяють отримати важливі відомості, необхідні для прогнозування якості деталей, оцінки деформівності та ступеня використання запасу пластичності матеріалу, а також розрахунків енергосилового режиму процесів деформування.

Найважливішим показником, який характеризує процес холодного об'ємного штампування і, зокрема, процесу радіального видавлювання – є номінальне зусилля процесу. Цей показник є визначальним при конструюванні інструменту, що деформує, і виборі обладнання, на якому буде здійснюватися технологічний процес видавлювання.

Порівняльний аналіз (рис. 2) номінального зусилля деформування для процесів радіального видавлювання показав, що розроблена скінченно-елемента модель відрізняється в значення від фізичного моделювання в межах 10..12%.

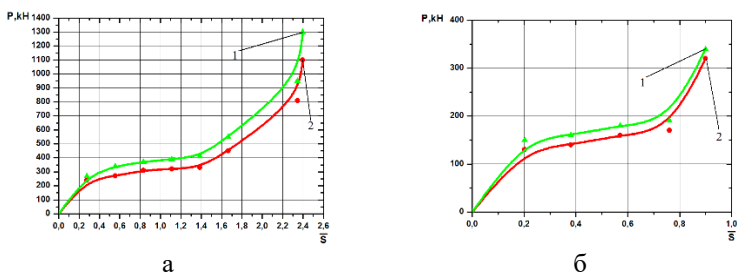


Рис. 2. Порівняння теоретичних та експериментальних результатів дослідження для схеми радіального видавлювання фланця на торці деталі (а) та фланця в центрі корпусу деталі (б):

1 – експеримент, 2 – МСЕ

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-15>

**STUDY OF EXISTING AND PROMISING DIRECTIONS
FOR REDUCING CO₂ EMISSIONS BASED ON THE ENERGY
BALANCE OF BLAST FURNACES**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ
НАПРЯМІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ CO₂ НА ОСНОВІ
ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ**

Kornilov B.V.

*PhD (Engineering), Senior Research
Scientist, Iron and Steel Institute
named Z.I. Nekrasov of the National
Academy of Sciences of Ukraine,
Dnipro, Ukraine*

Корнілов Б.В.

*к.т.н., старший науковий
співробітник, Інститут чорної
металургії імені З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
м. Дніпро, Україна*

Chaika O.L.

*PhD (Engineering), Senior Research
Scientist, Iron and Steel Institute
named Z.I. Nekrasov of the National
Academy of Sciences of Ukraine,
Dnipro, Ukraine*

Чайка О.Л.

*к.т.н., старший науковий
співробітник, Інститут чорної
металургії імені З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
м. Дніпро, Україна*

Moskalyna A.O.

*PhD (Engineering), Iron and Steel
Institute named Z.I. Nekrasov
of the National Academy of Sciences
of Ukraine, Dnipro, Ukraine*

Москалина А.О.

*к.т.н., Інститут чорної
металургії імені З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
м. Дніпро, Україна*

У зв'язку з глобальним потеплінням та пов'язаними з ним негативними наслідками в майбутньому більшість країн світу, у тому числі й Україна, ратифікували Паризьку угоду щодо клімату (2016 р.) та Угоду 25-ї Конференції сторін Рамкової конвенції ООН щодо зміни клімату (2019 р.), Мадрид), які зобов'язують зменшити викиди CO₂. У світовій структурі викидів CO₂ на металургію припадає 6–8% викидів CO₂.

За прогнозами Міжнародного Енергетичного Агентства (ІЕА) до 2050 р. доменне виробництво збережеться як домінуюча ланка в отриманні сталі, оскільки вона є найбільш економічно вигідною з тепловим коефіцієнтом корисної дії до 90%, залишаючись при цьому найбільш затребуваною порівняно з іншими технологіями виробництва заліза. Нові технології отримання сталі поступово впровадяться, і це до 2050 р., за умови значних у десятки мільярдів доларів інвестицій у реалізацію нових технологій, може

привести до зменшення традиційного способу виробництва сталі на 50%. у циклі виробництва стали дозволити зберегти конкурентоспроможність металургійної галузі в Україні та світі.

Для оцінки впливу потенціалу нових та існуючих технологій виробництва заліза на зменшення викидів CO_2 та техніко-економічні показники доменної плавки виконано розрахунки з використанням розробленої в ІЧМ НАНУ математичної моделі повного енергетичного балансу доменної плавки стосовно умов роботи доменної печі обсягом 2000 м^3 .

Важливою задачею є визначення ефективності тієї чи іншої технології при впровадженні виробництва для оцінки економічного та екологічного ефекту від її застосування. Встановлено закономірності зміни та узагальнено результати ефективності застосування/зміни того чи іншого параметра на викиди CO_2 , вихід вторинних енергоресурсів (ВЕР) та витрату коксу.

Встановлено граничні значення ефективності використання технологій вдування ПВП, водню та водневмісних добавок (природного (ПГ) та коксового газу (КГ)) на викиди CO_2 , вихід ВЕР та витрату коксу (табл. 1). Показано, що водень та водневмісні добавки дозволяють більшою мірою забезпечити зменшення викидів CO_2 та збільшити вихід вторинних енергоресурсів у порівнянні з ПУТ. При цьому ПВП може забезпечити найбільше зменшення витрати коксу.

Таблиця 1

**Ефективність застосування різних паливних добавок
при максимальному їх застосуванні на викиди діоксиду вуглецю,
вихід ВЕР та витрати коксу**

	ПВП 250 кг/т	Природний газ 200 $\text{м}^3/\text{т}$	Коксовий газ 300 $\text{м}^3/\text{т}$	Водень 500 $\text{м}^3/\text{т}$
Викиди CO_2	-11% (-0,44%) *	-15% (-0,75%)	-15% (-0,5%)	-30% (-0,6%)
Вихід ВЕР	-10% (-0,4%)	+74% (+3,7%)	+60% (+2%)	+81% (+1,62%)
Витрата коксу	-45% (-1,8%)	-35% (-1,75%)	-28% (-0,93%)	-25% (-0,5%)
<i>З врахування підігріву паливної добавки:</i>				
	400°C	800°C	800°C	1000°C
Викиди CO_2	-12% (-0,48%) *	-21% (-1,05%)	-20% (-0,67%)	-40% (-0,8%)
Вихід ВЕР	-8% (-0,32%)	+64% (+3,2%)	+57% (+1,9%)	+69% (+1,38%)
Витрата коксу	-44% (-1,76%)	-40% (-2%)	-32% (-1,07%)	-31% (-0,62%)

* для ПВП досягнення зниження викидів CO_2 досягається за рахунок зменшення витрати пари для підтримки теоретичної температури в заданих межах;

** у дужках зазначено зміну параметру зі збільшенням витрати паливної добавки на 10 $\text{кг}/\text{т}$ ($\text{м}^3/\text{т}$).

Підігрів газоподібних паливних добавок може дати більший ефект – до 10%, 6% та 5% зменшення викидів CO_2 відповідно та 4–6% зменшення витрати коксу за рахунок можливості до більшого нагрівання – ПГ та КГ до 800°C H_2 – до 1000°C , порівняно з ПВП – до 400°C , яке забезпечить зменшення викидів ЗІ та зменшення витрати на 1%.

Питання застосування водневмісних добавок спільно з ПВП є актуальним через поширення технології вдування ПВП як в Україні, так і за кордоном. В результаті дослідження спільного вдування водневмісних паливних добавок спільно ПВП встановлено, що їх спільне вдування в горн доменної печі дозволяє вирішити одночасно дві задачі – зменшення викидів CO_2 і забезпечити мінімальну собівартість чавуну та сталі.

Визначено критичні витрати паливних добавок, за яких, згідно з принципом Грюнера, очікується досягнення повного відновлення заліза непрямым шляхом, а отже, і мінімальної витрати палива при досягненні ступеня прямого відновлення близького до 0% (табл. 2).

Таблиця 2

**Витрата палива, за якої все залізо в печі
відновлюється непрямым шляхом**

Параметр	ПВП+ПГ	ПВП+КГ	ПВП+ H_2
Витрата ПВП, кг/т	200-250	200-250	200-250
Витрата водневмісної добавки, кг/т	193-180	300	485-450

Робота доменної печі за змінних шихтових умов призводить до зміни технологічних параметрів, таких як теплові втрати, ступінь використання CO та H_2 , що позначається на викиди CO_2 та техніко-економічні показники. Також на викиди CO_2 впливає застосування металодобавки, зміна температури дуття та вміст FeO в шихті. Встановлено граничні значення ефективності застосування металодобавки та технологічних заходів щодо збільшення температури дуття, зміни вмісту FeO у шихті, зменшення теплових втрат та збільшення ступеня використання CO та H_2 на викиди CO_2 , вихід ВЕР та витрату коксу (табл. 3).

Таблиця 3

Ефективність застосування металодобавки та технологічних заходів щодо збільшення температури дуття, зменшення теплових втрат та збільшення ступеня використання CO та H₂ та вмісту FeO у шихті на викиди діоксиду вуглецю, вихід ВЕР та витрата коксу

	Метало- добавка	Вміст FeO в шихті	Темпера- тура дуття	Теплові втрати	Ступінь ви- користання CO	Ступінь ви- користання H ₂
Діапазон зміни:	0-500 кг/т	0-20%	от 1100°C до 1450°C	від 20 до 5 МВт	від 40% до 50%	від 40% до 70%
Викиди CO ₂	-47% (-0,93%)	-9,9% (-0,49%)	-6,4% (-1,82%)	-2,3% (-0,15%)	-13,2% (-1,32%)	-7,2% (-0,24%)
Вихід ВЕР	-108% (-2,16%)	-10,3% (-0,52%)	-26,5% (-7,6%)	-0,4% (-0,03%)	-48,4% (-4,84%)	-29% (-0,97%)
Витрата коксу	-16% (-0,33%)	-12% (-0,6%)	-2% (-0,49%)	-0,6% (-0,04%)	-11,9% (-1,19%)	-6,4% (-0,21%)

* у дужках зазначено зміну впливу збільшення витрати металодобавки на 10 кг/т, температури дуття на 100°C, ступеня використання CO і H₂ та вмісту FeO в шихті на 1% та зменшення теплових втрат на 1 МВт.

Таким чином, встановлені граничні значення ефективності використання технологій вдування паливних добавок, застосування металодобавки, а також зміни технічних та технологічних параметрів доменної плавки на викиди CO₂ та техніко-економічні показники.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-16>

APPLICATION OF AUTOMATED MINERALOGY IN METALLURGICAL RESEARCH

ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ МІНЕРАЛОГІЇ У МЕТАЛУРГІЙНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Kostryzhev A.H.

PhD (manufacturing), PhD (materials
science), project manager and scientist,
Centre for Microscopy
and Microanalysis,
University of Queensland,
Brisbane, Australia

Кострижев А.Г.

к.т.н. (процеси та устаткування),
PhD (матеріалознавство), менеджер
проектів і дослідник,
Центр мікроскопії і мікроаналізу,
Університет Квінсленда,
м. Брісбен, Австралія

Metals play an important role in modern society as they are widely used in various types of construction, machinery, electronic equipment, energy generation, medicine. Transition to the carbon free economy, based on renewable energy generation and storage, requires many metallic elements such as cobalt, lithium, gallium, germanium, hafnium, indium, niobium,

platinum group metals, tantalum, titanium, vanadium, tungsten, strontium, and rare earth elements (such as scandium, yttrium, lanthanum, and cerium). Reduction in the quality of ores coupled with an increased demand puts pressure on traditional methods of extractive metallurgy from natural minerals and stimulates development of secondary mining sources (industrial and domestic waste, manufacturing byproducts, mine tailings). Climate change, high energy costs, and lack of clean water raise the price of metal extraction, thus metal recycling technologies become competitive.

Electron microscopy and microanalysis play significant role in metallurgical research providing information about chemical composition of materials and their microstructure. This information facilitates characterisation of chemistry-microstructure-properties relationships and is widely used in industry technology development. Advanced Mineral Identification and Characterisation System (AMICS), discussed here (Figure 1), is based on energy dispersive X-ray spectroscopy utilised in a scanning electron microscope (SEM-EDS). It consists of a (i) Hitachi SEM, (ii) Bruker EDS detector, and (iii) a specially designed software that coordinates the sample positioning inside the microscope chamber, EDS spectra acquisition and analysis, phase identification via matching to the spectra database, and the results visualisation in the form of maps, graphs and tables ready for reporting. The characterisation can be conducted automatically for up to 28 mounted samples, although many options exist for an experience researcher to influence the analysis process. Combination of modern instrumentation with dedicated software allows high resolution studies of fine particles (down to 1 micron). AMICS becomes widely acclaimed in geology, mining, and mineral processing for determination of phase balance and chemical composition of constituents. The principles of data analysis utilized in AMICS can be extended to characterization of various multi-phase materials synthesized in laboratory or produced commercially, such as metal alloys, ceramic composites, and nano-powders.

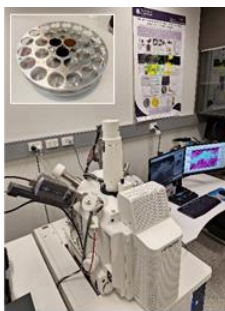


Fig. 1. Hitachi-Bruker automated mineralogy system with a sample holder inserted

AMICS software consists of two programs governing the data acquisition and analysis and allows easy visualisation of the phase balance in a table or graphical form (Figure 2), extraction of geometrical and chemical information for each particle studied, and manually growing the mineral database. In addition to BSE images and mineral maps, there is a possibility to observe distribution of each single phase or a set of phases (Figure 3a-c), this may be useful in analysis of phase interactions and grain boundaries. Pores in a sample surface can also be plotted as a single phase (Figure 3e), this can be used in studies of porosity in cast or 3D printed metal alloys, ceramics, and slags.

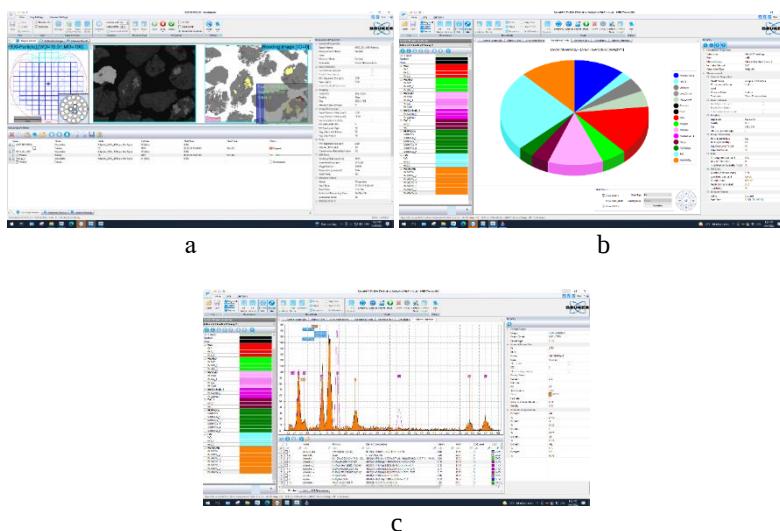


Fig. 2. AMICS windows for (a) acquisition, (b) phase balance, (c) EDS database

An experienced researcher has options for extensive manual analysis. This is critical for investigation of solutions of metallic elements in mineral phases. In case when an “unusual” element is present in a “standard” mineral, the system will flag it as an “unknown phase” bringing attention to it. The whole population of EDS spectra (hundreds of thousands) acquired from a specified sample area can be divided into groups with respect to a selected parameter, for example, presence of a peak in the energy range characteristic to the element of interest (Figure 4a). Then the system can be given a command to visualise grains containing the element of interest (V in Figure 4b).

Consequently, a detailed chemical analysis can be conducted from these grains using other microanalysis techniques (for example point EDS, WDS or XRF). The chemical analysis can be supported with phase characterisation around the grain of interest (Figure 4c).

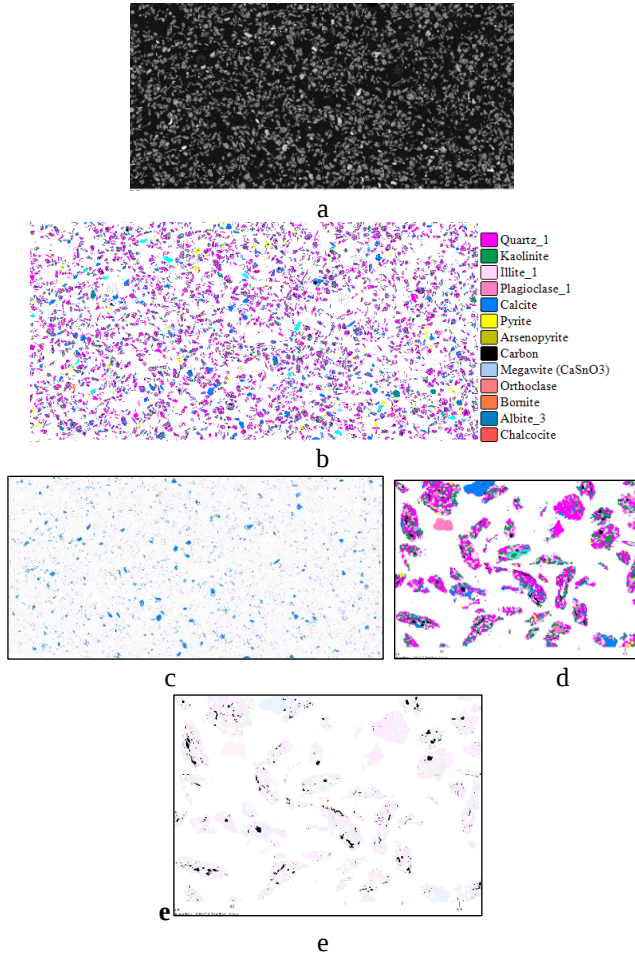


Fig. 3. Phase analysis: (a) BSE image, (b) mineral map with a colour legend showing minerals identified, (c) single phase map, (d) enlarged selected region of the mineral map, (e) pores map for the area presented in (d)

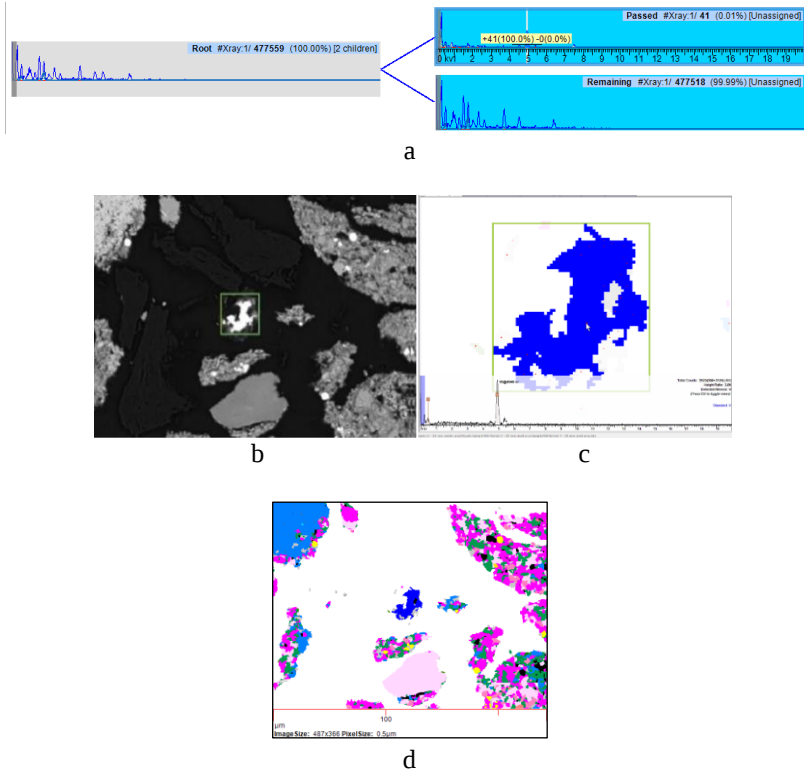


Fig. 4. Spectra separation based on presence of the V energy peak followed by the grain identification and phase analysis around those grains

Steel slags, for example, may contain precious metallic elements, such as zinc (Zn), chromium (Cr), iron (Fe), nickel (Ni), manganese (Mn), silicon (Si), aluminium (Al), vanadium (V), titanium (Ti), magnesium (Mg), and rare earth elements (REE) (Figure 5), and, therefore, may become secondary sources for many metals. The metallurgical slag produced globally is equal to 50–100 % of the rolled steel tonnage [4], such a large amount of slag justifies the economic benefit of extraction of metallic elements from slag. Metals can be recovered from slags using several mineral processing techniques like crushing, grinding, magnetic separation, eddy current separation, flotation, leaching, and/or roasting [1, 5–7]. Metal extraction from steelmaking slag would not only support metal supplies but also protect the environment.

Currently the slag is utilised in construction, cement manufacturing, and road fill. However, there is a potential of application in water filtration, neutralisation of acidic liquids, CO₂ absorption, and extraction of economically valuable metallic elements. Phase characterisation of steel slags for presence of valuable metallic elements can be conducted, in particular, with AMICS system presented above.

a	inorganic metal oxide compositions (wt %)										
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	
ladle slag	48.37	15.00	14.30		0.20	0-2	15.25		0.92	2.73	
EAF slag	51.43	15.62	18.89	3.75	0.52	0.45	3.89		0.35	1.42	
BOF slag	47.9	12.2	1.2			0.3	0.8	12-2.9	1.6-2	3.3	
LD-slag	47.88	12.16	1.22		0.4-0.9	0.28	0.82			3.33	

b	Component	AOD slag		
		4	5	6
	CaO	47.60	45.50	45.50
	SiO ₂	31.24	26.32	27.61
	Al ₂ O ₃	1.66	9.69	1.65
	MgO	3.65	7.30	7.30
	MnO	1.60	2.06	1.41
	Fe _{Total}	1.75	3.50	7.40
	Na ₂ O	0.08	0.07	0.03
	K ₂ O	0.05	0.05	0.05
	Cr _{Total}	3.47	4.28	2.48
	Cu	0.05	0.05	0.12
	Ti	0.13	0.68	0.20
	Zn	0.02	0.02	0.03
	Pb	0.05	0.05	0.04
	Ni	0.25	0.22	0.45
	Cd	<0.01	<0.01	<0.01

c	Metals	Concentration	Metals	Concentration
	CaO	33.62 wt%	K ₂ O	0.48 wt%
	SiO ₂	32.82 wt%	Na ₂ O	0.15 wt%
	Al ₂ O ₃	18.26 wt%	MnO	0.064 wt%
	MgO	10.12 wt%	P ₂ O ₅	0.03 wt%
	SO ₃	1.23 wt%	Ce	157 ppm
	TiO ₂	0.91 wt%	La	90 ppm
	Fe ₂ O ₃	0.63 wt%	Nd	71 ppm
	K ₂ O	0.48 wt%	Er	40 ppm

Fig. 5. Chemical composition of (a) various slags [1], (b) stainless steel slag [2], and (c) blast furnace slag [3]

Bibliography

1. N. S. Samanta, P. P. Das, S. Dhara, M. K. Purkait, Industrial and Engineering Chemistry Research 62 (23) (2023) 9006-9031.
2. H. Shen, E. Forssberg, Waste Management 23 (2003) 933-949.
3. Abhilash, S. Hedrich, P. Meshram, A. Schippers, A. Gupta, S. Sen, Minerals 12 (2022) 701.
4. X. Zhang . J. Chen . J. Jiang . J. Li . R. D. Tyagi, R. Y. Surampalli, Environmental Geochemistry and Health 42 (2020) 1321-1334.
5. J. F. P. Gomes, C. G. Pinto, Revista de Metalurgia, 42(6) (2006) 409-416.
6. Abhilash, P. Meshram, S. Sarkar, T. Venugopalan, Minerals and Metallurgical Processing, 34 (2017) 178-182.
7. Z.-Z. Bian, Y.-L. Feng, H.-R. Li, Transactions of Nonferrous Metals Society of China 30 (2020) 2836-2847.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-17>

**PREDICTION BY RESIDUAL STRESSES OF THE QUALITY
OF THIN ROLLED AFTER TEMPER ROLLING
IN WARM DEFORMATION MODE**

**ПРОГНОЗУВАННЯ ЗА ЗАЛИШКОВИМИ НАПРУЖЕННЯМИ
ЯКОСТІ ТОНКОГО ПРОКАТУ ПІСЛЯ ДРЕСИРУВАННЯ
В РЕЖИМІ ТЕПЛОГО ДЕФОРМУВАННЯ**

Kulik T.O.

*PhD (Engineering), LLC "Technical
University "Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Кулік Т.О.

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

Kulik O.M.

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

Кулік О.М.

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

Operational improvement is an important factor in maintaining and increasing a company's competitiveness. It provides world-class of product quality, process performance and customer satisfaction. With today's marketplace dominated by new technologies, outsourcing, online business transactions and global competition, the pursuit of operational excellence is so important. The desire to use modern production technologies that provide a predictable level of quality becomes necessary to achieve positive results. The introduction of operational improvement principles makes the ability to predict and manage quality indicators of finished products very important. It is worth noting that it is considered unacceptable to set quality limits, because improvement must be systemic. Improvement must be an integral part of the management system: optimization of technology and equipment to improve quality begins at the design stage and is repeated cyclically. This allows for continuous product improvement. That is why to develop mathematical models that are able to predict the quality of finished products, and then use them to develop technological production modes is so important.

If we talk about the production of thin rolled products, then its final quality strongly depends on the properties that the sheet steel will receive after temper rolling (rolling sheets with small reductions). This is because the process of tempering the strip shapes its final mechanical properties and, most importantly, its formability. The ability of rolled products to be formed is influenced, among other factors, by residual stresses. The use of technology, when the strip is heated to the temperature of warm deformation during the rolling process, makes it possible to regulate the final values of residual

stresses. Especially if you use a temperature field that is uneven in height. The use of technological schemes with heating of the surface layers of strips to warm deformation temperatures, for example, due to contact with preheated work rolls, makes it possible to control the levels of resistance to plastic deformation of the metal and the nature of their distribution. This means that it allows you to control the resulting distribution of residual stresses.

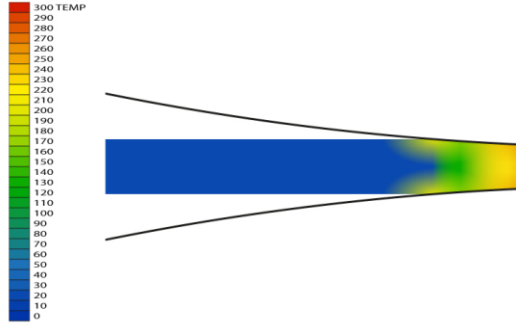


Fig. 1. Temperature field of a thin strip, which obtained as a result of tempering in rolls preheated to warm temperatures

The methodology for calculating the residual stresses of materials that are strengthened during plastic deformation is based on a power-law function taking into account the intensity of strain hardening of a given material. This function describes the relationship between stress and strain and is adapted to take into account the temperature field. It looks like this:

$$\sigma_j^* = C^* \cdot \varepsilon_j^{n^*}, \quad (1)$$

where C^* is the regression coefficient, which is determined taking into account the degree of deformation and temperature of the metal at a certain point in the field; n^* is a power exponent, which is also determined taking into account the degree of deformation and temperature of the metal at a certain point in field.

On the other side, $\sigma_j^* = \sigma_j \cdot n_{tj}$, where n_{tj} is a thermo-mechanical coefficient that takes into account the difference in metal temperature during temper rolling from the temperature of standard stress tests σ_j . That is:

$$\sigma_j \cdot n_{tj} = C^* \cdot \varepsilon_j^{n^*}. \quad (2)$$

Taking into taking the logarithm of the left and right sides, equation 2 is reduced to the form:

$$\ln \sigma_j + \ln n_{tj} = \ln C^* + n^* \ln \varepsilon_j, \quad (3)$$

from where, taking into account the known, at least two, ($j = 1; j = 2$) values of the degree of deformation $\varepsilon_j|_{j=1}, \varepsilon_j|_{j=2}$ stress $\sigma_j|_{j=1}, \sigma_j|_{j=2}$, temperature $t_j|_{j=1}, t_j|_{j=2}$ and the corresponding thermo-mechanical coefficients $n_{tj}|_{j=1}, n_{tj}|_{j=2}$, the values of the regression coefficient C^* and the power exponent n^* can be calculated.

Taking into account the functional relationship between the power exponent and the thermo-mechanical coefficient $n^* = F(n_{tj})$, the influence of this coefficient on the nature of the distribution of relative value $\sigma_{x\text{res } j}^* / \sigma_{jm}^*$ (relative value of normal residual stress and normal stress on the axis) over the thickness of the strip is shown in Figure 2.

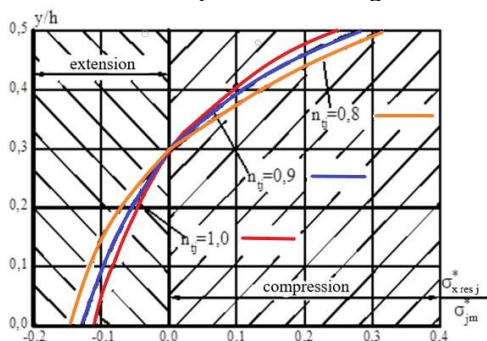


Fig. 2. Calculated distributions of the ratio of normal residual stress $\sigma_{x\text{res } j}^*$ and stress on the axis of the deformation zone σ_{jm}^* for different levels of metal flow (y/h). The distribution depends on the thermo-mechanical coefficient n_{tj} , which characterizes the influence of temperature of the warm temper rolling process (steel AISI 321 / 1.4541, $\varepsilon = 0,03$)

Thus, the mathematical model of the mechanism for the formation of residual stresses can be improved if we take into account the influence of real temperature conditions of the process. Analysis of the results of modeling the temper rolling of thin sheets in a warm temperature range shows that the use of a non-uniform temperature distribution along the height of the deformation zone increases the level of residual compressive stress in the surface layers. In turn, this makes it effective to use preheated rollers for warm temper rolling to improve the consumer properties of the rolled. Rolled, which will then be used in the implementation of various technological schemes for sheet stamping. Altogether, this helps to ensure operational improvement of the rolling and stamping industries at the enterprise.

Bibliography

1. Effects of vertical and pinch rolling on residual stress distributions in wire and arc additively manufactured components / R. Tangestani et al. *Journal of Materials Engineering and Performance*. 2020. Vol. 29. P. 2073–2084.
2. Tretyakov E. M. Elastic and plastic thin strip deformations under their compression between plane rigid stamps. *Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Mech. engineering*. 2015. № 3. P. 103–118.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-18>

IMPLEMENTATION OF PREVENTIVE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR PRODUCTION OF TMCP PROCESSED 10MN2VNBAL STEEL HEAVY PLATES

ВПРОВАДЖЕННЯ ПРЕВЕНТИВНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТОВСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТУ ЗІ СТАЛІ 10MN2VNBAL, ОБРОБЛЕНОГО ТМСП

Kukhar V.V.

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

Кухар В.В.

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

Malii Kh.V.

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

Малій Х.В.

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

Wu Kaiming

*DSc (Engineering), Professor, Director
of the International Research Institute
for Steel Technology, Wuhan University
of Science and Technology,
Wuhan, China*

Ву Каймінг

*д.т.н., професор, директор
Міжнародного науково-дослідного
інституту технологій сталі,
Вуханський університет науки
і технологій,
м. Вухань, Китай*

The quality of hot-rolled steel products is formed by technological means as a set of mechanical, environmental, surface and other operational properties of rolled products that determine their suitability to meet certain customer needs [1, 2]. To obtain an increased level of mechanical properties of rolled plates, a number of effective but energy-intensive heat treatment schemes are used with preliminary modification of the composition of alloying elements and the formation of multiphase structures [3]: ART treatment of steels with

medium manganese content, isothermal quenching of nanostructured steels with carbide-free bainite, Q&P treatment and D&P treatment. In most hot plate mills, more energy-efficient thermomechanical controlled process (TMCP) technologies are suitable for implementation, but the quality control system must be continuously improved to produce rolled products with improved quality indicators [4]. For this purpose, in order to ensure the full functioning and development of an enterprise or company, a quality management system in accordance with the requirements of ISO 9000 and ISO 9001 standards is relevant for implementation at all process areas, starting with the supply of raw materials, including work with suppliers, equipment maintenance, and ending with the processes of working with customers – consumers of products. For complex rolling operations at full-cycle steelmaking facilities, it is particularly important to develop a preventive quality management system when developing new products and improving existing technologies.

The goal of the work was to formalize and implement in the conditions of a heavy plate rolling mill shop the quality management methodology for 10Mn2VNbAl steel flat products produced by a thermomechanical controlled process (TMCP) rolling with a predicted increasing of mechanical properties indices. It is shown that the quality management system is relevant to be implemented in all process areas, from the supply of raw materials to the processes of working with consumers of products, in order to operate and achieve the enterprise development.

The basis for creating control criteria is information on already manufactured products and the results of their quality control (at the enterprise and based on customer feedback). Corrective actions are integrated into the QMS processes as an element of the Deming cycle (PDCA), which is successfully implemented in relation to TMCP rolling of low-carbon low-alloy steel heavy plates [4]. It follows from [2, 5] that each production facility builds its own quality control system that takes into account the specifics of its structure and management methods. Thus, in order to control the production process and ensure the predicted quality of thermomechanically treated rolled products, it is necessary to develop a preventive quality management system to establish and manage the relevant technological factors, which is the objective of this study.

On the basis of the analysis, it has been established those additional requirements for quality indices of rolled products exceed the values established by normative documents, which should be taken into account when developing technologies. The proposed methodology includes the use of Ishikawa's approaches to establish factors affecting quality indicators, processing of statistical information with the construction of Pareto charts (fig. 1, a) and determination of compliance of the distribution of indicator values with the normal law. Designation for stability of the process and

indicators levels performed by the method of coloured markers with tracking of results (by Shewhart charts (fig. 1, b), as an example). If the permissible level of deviation is exceeded, or if the indicator falls into the yellow or red field, the process personnel take actions to ensure that the indicator falls within the required limits/green field. A unit of production, batch, or other item produced outside the green field must be tracked separately.

Based on the analysis, it was found that additional requirements for rolled products exceed the values established by regulatory documents and need to be taken into account when developing technologies. It is determined that, based on the relationships between rolling process parameters and mechanical properties of finished TMCP rolled products established by a set of statistical data processing methods, which are incorporated into the quality management methodology, it is possible to increase the stability of rolling processes.

Decision-making on technology improvement with control of influencing factors of the thermomechanical rolling process, as a separate element of the quality system, is subject to the Deming cycle (PDCA).

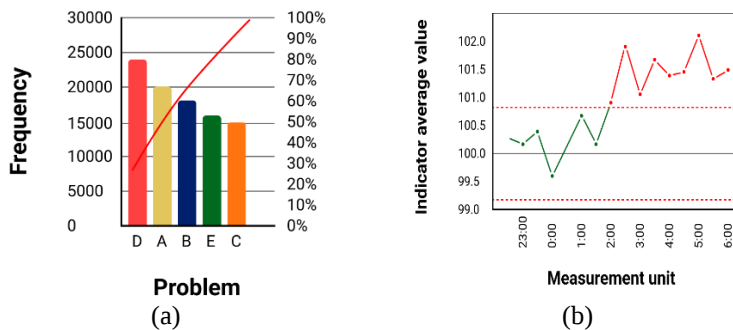


Fig. 1. Pareto (a) and Shewhart (b) charts

The testing of the proposed methodology showed decreases in the standard deviation of yield strength, tensile strength and percent elongation by 44%, 31% and 46% respectively, regard to the primary data obtained when rolling 10Mn2VNbAl steel at heavy plate mill 3600.

Bibliography

1. Sheyko S., Matiukhin A., Tsyganov V., Andreev A., Ben A., Kulabneva E. Energy power parameter effect of hot rolling on the formation of the structure and properties of low-alloy steels, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 6. No. 12(114). P. 20–26.

2. Markulik S., Nagyova A., Turisova R., Villinsky T. Improving Quality in the Process of Hot Rolling of Steel Sheets. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11. No. 12. P. 5451.
3. Bleck W., Brühl F., Ma Y., Sasse C. Materials and Processes for the Third-generation Advanced High-strength Steels. *Berg Huettenmaenn Monatsh*. 2019. Vol.164. P. 466–474.
4. Kukhar V.V., Kurpe O.H., Prysiaznyi A.H., Khliestova O.A., Burko V.A., Balalayeva E.Y., Yelistratova N.Y. Improving of preventive management for flat rolling products quality indices, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1037. P. 012024.
5. Bashynska I. Realities of Ukrainian industrial enterprises on the way to smartization. *Economics Finances Law*. 2019. Vol. 12. No. 2. P. 34–37.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-19>

IMPROVEMENT OF THE EMULSION CLEANING SYSTEM OF THE COLD ROLLING MILLS OF THE COLD ROLLING PLANT TO REMOVE HYDRAULIC OILS FROM THE ROLLING EMULSION

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ЕМУЛЬСІЇ СТАНІВ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ ЦХП З МЕТОЮ ВИДАЛЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ОЛИВ З ПРОКАТНОЇ ЕМУЛЬСІЇ

Kukhar V.V.

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

Кухар В.В.

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

Spichak O.Yu.

*Head of the Technical Department,
Zaporizhstal PJSC; Master’s student
(group 132-22-1m),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Спічак О.Ю.

*начальник відділу холодного прокату
технічного управління,
ПАТ «Запоріжсталь»;
магістрант (група 132-22-1м),
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Система очищення емульсії сучасного стану холодної прокатки звичайно включає магнітну (найбільш поширені – ланцюгового типу) або на основі фільтрів очистку емульсії від частинок заліза і бруду та скімер,

призначений для очищення прокатної емульсії від сторонніх (гідравлічних) олив, які потрапляють в емульсію з гідросистем.

Скімер видаляє гідравлічні оливи, які у випадку наявності витіків оливи з гідросистем, попадають в прокатну емульсію. Наявність гідравлічних олив критично впливає на сам процес прокатки: гідравлічні оливи не призначені для зменшення коефіцієнту тертя, їх число омилення (показник, який характеризує трибологічні властивості олив) зазвичай не більше 10 мг КОН/г, коли у прокатного емульсола число омилення 120 мг КОН/г та більше. Крім того, значна кількість гідравлічної оливи в емульсії (критична – більш ніж 40%) призводить до таких дефектів прокату як сажа, пригар емульсії, плями забруднення.

Стани холодної прокатки ЦХП – старої конструкції, вони не оснащені скімерами та ланцюговими магнітами. Система очистки емульсії всіх трьох станів холодної прокатки (безперервний 4-х клітьовий стан Тандем та реверсивні стани 1680 та 1200) одного типу та складається з коробів з магнітним очищенням (малюнок 4), трубопроводів та насосів. Брудна емульсія відбирається на відстані приблизно 150мм від дна бака, подається на очистку в очисний короб. Очищена магнітами емульсія, через переливні пороги, зливається в приймальні баки сепараторів, причому у баки з емульсією йдуть усі забруднення, скупчені на поверхні емульсії, так як емульсія зливається з верхньої точки переливу. Очищена емульсія зливається знову в бак.

Чим більший час гідравлічні оливи знаходяться у прокатній емульсії тим більша вірогідність, що вони заемульгують (завдяки пакету присадок, які входять до емульсолу) із-за постійної циркуляції та барботажу емульсії в баку, та будуть плавати вже не на поверхні, а подаватися по колекторам на валки на смугу. Вплив гідравлічних домішок ще погіршується завдяки тому, що на всіх станах холодної прокатки ЦХП маленький об'єм емульсійного баку (на стані Тандем – 36м³, на реверсивних станах 1680 та 1200 – 16м³ та 12 м³ відповідно, на сучасних станах холодної прокатки – від 200м³ та більше) та старій конструкції станів (із-за чого незначні витіки гідравлічних олив є майже завжди у наявності). Тобто навіть незначний вітік гідравлічної оливи може призвести до дефектів та погіршення процесу прокатки. Наявність гідравлічних олив в емульсії періодично (2 рази на тиждень) контролюється лабораторним аналізом на число омилення емульсії, при перевищенні допустимої межі приходилося повністю міняти емульсію, розходуючи вартісний зарубіжний емульсол.

Раніш ми вже випробовували роботу зі скімером, який нам безоплатно на випробування поставила компанія «Азмол», а потім забрала по закінченню випробувань. Однак стикнулися з наступними труднощами:

– необхідно якось прибирати з маслопідвалу продукти, які зібрав скімер з поверхні емульсії, для чого необхідні додаткові насоси, яких в цеху немає і які треба окремо купляти;

– емульсія в баку має бути у спокійному стані. Тоді скімер ефективно працюватиме, проте при роботі прокатного стану емульсія самопливом зливається в маслопідвал емульсійного бака з картерів клітей і дзеркало емульсії барботує. Та ділянка дзеркала емульсії, що знаходиться у спокійному стані – невелика, що знижує ефективність скімеру;

– потрібна доробка емульсійного бака для встановлення скімера;

– за роботою скімера треба постійно стежити, контролювати.

Зважаючи на ці недоліки у 2022 році було знайдено рішення. Своїми силами ми спільно з технологами служби ГС ЦХП спроектували та встановили на зливні вікна коробів спеціальні П-образні пластини. Пластини наварили до внутрішніх стінок баку. Пластини вищі за рівень емульсії, але не повністю перекривають відтік чистої емульсії, яка зливається середнім шаром, проходячи під пластинами та залишаючи на пластинах поверхневі забруднення.

При вдосконаленій конструкції з пластинами очищена магнітами емульсія зливається у зливні вікна коробів не з самої поверхні, а десь на 40мм нижче рівня поверхні емульсії в коробі, при цьому брудна піна та гідравлічні оливи, затримуючись пластинами, залишаються на поверхні емульсії та видаляються з неї при черговому кантуванні коробів очистки (перед кантуванням коробів проводиться злив емульсії знизу коробів, а брудна піна залишається на магнітах та частково на дні баку).



Рис. 1. Фото реконструйованої системи очищення емульсії

Вдосконалена конструкція коробів довела свою ефективність. Ми відбирали на лабораторний аналіз брудну піну, яка затримується пластинами на поверхні коробу, щоб переконатися, що пластини не затримують саме прокатний емульсол та ми не знижуємо так робочу концентрацію прокатної емульсії. По аналізу числа омилення брудної піни виявилось, що вона лише на 12% складається з емульсії, 88% – це

гідравлічні мастила, які попадають в стан з систем гідравліки, та бруд. На малюнку показана піна з таких мастил перед кантовкою коробів.

У підсумку доробка конструкції коробів системи очищення емульсії дозволила:

1 На 15% знизити загальний рівень витіків гідравлічних олив в прокатній емульсії за рахунок видалення гідравлічних олив з емульсії.

2 Зеконотити кошти на купівлю 5 скімерів (на кожен бак прокатних станів) та насосів, які б відкачували з маслопідвалу продукти, зібрані скімером. Це особливо актуально в умовах браку коштів у період війни.

3 Зменшити зауваження з якості по плямам забруднення та наряду з іншими заходами забезпечити потрібну якість прокату (насамперед – чистоту поверхні та відсутність забруднень) під оцинкування для ТОВ «Юністіл» при відпалі у звичайних печах з захисною атмосферою HNx газу при роботі без печей Ебнеру у період війни.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-20>

PRODUCTION OF LARGE STEEL CASTINGS IN METAL MOLDS

ОТРИМАННЯ КРУПНОГАБАРИТНИХ СТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ У МЕТАЛЕВИХ ФОРМАХ

Lutsenko S.S.

*student (group 132-22-1м),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Луценко С.С.

*студент гр. 132-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Pashinska O.G.

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

Пашинська О.Г.

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

Вимоги, споживачів до якості металопродукції, що виготовляється, постійно підвищуються. Це викликає необхідність удосконалення існуючих та пошуку нових науково-технічних та технологічних рішень. Корінне підвищення якості та конкурентоспроможності обладнання та машин прямо пов'язане з необхідністю поліпшення якості металу та

економії його в машинобудуванні, а також зі створенням нових конструкційних матеріалів. Не менш важливим є підвищення властивостей, службових та експлуатаційних характеристик відомих та широко використовуваних у цей час сталей [1].

Досить гостро це стосується високомарганцевих аустенітних сталей, широко застосовуваних у машинобудуванні для виготовлення деталей, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування [2]. Це обумовлено унікальними властивостями високомарганцевих аустенітних сталей типу 110Г13Л, зокрема, високим опором поверхонь у деформованому стані абразивному зношуванню в сполученні з високими пластичністю та міцністю.

Необхідна якість виливка досягається за умови, що ливарна форма заповнена розплавом без газових та неметалічних включень у виливку, якщо при затвердінні у виливку не утворилися усадочні дефекти (раковини, пористість, тріщини), а її структура та механічні властивості відповідають заданим.

З теорії формування виливка відомо, що ці умови багато в чому залежать від того, наскільки даний технологічний процес забезпечує виконання одного із загальних принципів одержання якісного виливка – її спрямоване затвердіння та живлення. Спрямоване затвердіння та живлення виливка забезпечують комплексом заходів: конструкцією виливка, раціональним його розташуванням у формі, конструкцією ливниково-живильної системи, технологічними режимами лиття, конструкцією та властивостями матеріалу форми й т.д.

При литті в кокіл головна із цих особливостей – висока інтенсивність охолодження розплаву та виливка – викликає утруднення при заповненні форми розплавом та не завжди сприятливо впливає на якість виливків [3].

Інтенсивність теплової взаємодії між кокілом та розплавом або виливком можна регулювати. Звичайно це досягається створенням певного термічного опору на границі контакту виливка (розплаву) та робочої поверхні порожнини кокілю. Для цього на поверхню внутрішньої порожнини кокілю наносять шар вогнетривкого облицювання та фарби. Завдяки меншій у порівнянні з металом кокілю теплопровідності вогнетривкого покриття, між виливком та кокілом виникає термічний опір, що перешкоджає переносу теплоти. Змінюючи величину теплопровідності та товщину шару покриття, можна регулювати швидкість охолодження виливки, її структуру, щільність та механічні властивості.

Покриття повинне гарно наноситися та утримуватися на поверхні форми, протистояти різким коливанням температури, при нагріванні не виділяти газів, здатних розчинятися в металі виливки або створювати на її поверхні газові раковини.

Температура заливання в кокіл для високомарганцевих сталей становить 1400 ... 1420°C.

Стійкість кокілю істотно залежить від тривалості витримки в ньому виливків. Тому сталеві виливки потрібно вибивати з кокілю відразу ж після затвердіння.

Для виливки «броня конуса» кокіл виготовляється з чавуну СЧ 20. Від товщини стінки кокілю значною мірою залежить його стійкість та якість одержуваних виливків. Товщина стінок кокілю впливає на швидкість затвердіння та наступне охолодження виливка, а отже, і на утворення структури виливки.

Товщину стінки кокілю розраховують за формулою(1).

$$\begin{aligned}x_2 &= 13 + 0,6 \times x_1 \\x_2 &= 13 + 0,6 \times 115 = 82 \text{ мм}\end{aligned}\tag{1}$$

де x_2 – товщина стінки кокілю в мм;

x_1 – товщина стінки виливка в мм.

При литті в піщано-глинисті форми, як видно з рисунка 1 усадка сталі 110Г13Л розташовується в тілі виливки, а при заливанні в кокіл, який виготовлений з сірого чавуну марки СЧ 20 спостерігається формування більш однорідного розподілу температури з виведенням теплового центру виливки у литниково-живильну систему

Зменшена температура заливки сталі, для піщано-глинистих форм вона складає 1420 ... 1450 °С, а під заливку в кокіл 1400 ... 1420°C.

При литті в кокіл також помітне зменшення усадки (рисунок 2). Усадка при литті в піщано-глинисті форми становить 5,4 %, а при литті в кокіл 4,3 %.

При литті у кокіл спостерігається також зменшення мікропористості, тому що метал менше часу знаходиться в рідкому стані. При збільшенні розміру зерна формуються границі великої протяжності, які є площинами найбільшої слабину, на яких і відбувається зародження тріщин. Зниження температури заливання призводить до зменшення розміру зерна та протяжності міжзернових границь високомарганцевої сталі.

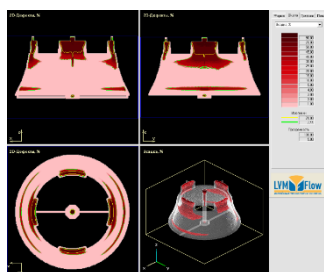


Рис. 1. Температурне поле в процесі кристалізації сталі 110Г13Л при литті в піщано-глинисті форми

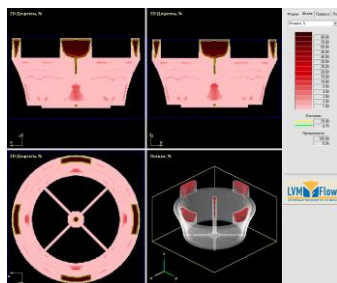


Рис. 2. Температурне поле в процесі кристалізації сталі 110Г13Л при литті в кокіль

Пропонований спосіб дозволяє отримати:

- стабільне та рівномірне затвердіння за рахунок підігріву кокілю;
- зменшення усадки при литті в кокіль, вона становить 4,3 %, а при литті в піщано-глинисті форми 5,4 %,
 - підвищити якість, а відповідно, й працездатність великогабаритних виливків за рахунок формування на робочих поверхнях дрібнодисперсного шару високої зносостійкості;
 - економити формувальні матеріали що також знижує собівартість виливка;
 - технологічність виробництва та надійність виливок при зменшених затратах.

Перелік використаних джерел

1. Ливарне виробництво. Під ред. І.Б. Куманіна. М., «Машинобудування», 1971, 320 с.
2. Могильов В. К., Лев О. І. Довідник ливаря. М.: Машинобудування, 1988, 268 с.
3. Дубинін М. П. Комісаров В. А. Кокільне лиття. М.: Машинобудування, 1967, 460 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-21>

**MATHEMATICAL ANALYSIS OF THE INFLUENCE
OF THE GEOMETRY OF THE DEFORMATION CENTER
ON ENERGY AND POWER INDICATORS**

**МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРІЇ ОСЕРЕДКУ
ДЕФОРМУВАННЯ НА ЕНЕРГОСИЛОВІ ПОКАЗНИКИ**

Malii O.H.

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

Малій О.Г.

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

Titov A.V.

*PhD, Associate Professor,
National Technical University
of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

Тітов А.В.

*доцент, Національний технічний
університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», м. Київ, Україна*

Levchenko V.M.

*PhD, Doctoral Candidate,
O.Ya. Usikov Institute
for Radiophysics and Electronics
of the National Academy of Sciences
of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

Левченко В.М.

*докторант, Інститут радіофізики
та електроніки імені О.Я. Усикова
Національної академії наук України,
м. Харків, Україна*

Для моделювання силового режиму та формозміни у процесах пластичного деформування використовуються різні теоретичні та експериментально-аналітичні методи. Одним з простих та високоефективних методів є метод верхньої оцінки який реалізується на основі аналітично вираження форми осередку деформування в умовах плоскої задачі. За рахунок можливості отриманні аналітичних виразів можна застосувати комп'ютерні математичні задачі, що створюють передумову для оперативного вирішення поставлених задач.

Створення математичних моделей, зокрема на основі методу верхньої оцінки, дозволяє оперативно, кількісно та якісно аналізувати зміну енергосилових характеристик процесів пластичного деформування. Для отримання деталей типу «гільза» за схемою прошивки суцільної заготовки (рис. 1) побудовано розривне поле

швидкостей та годограф, отримано аналітичні залежності для опису приведенного тиску деформування.

Після вирішення рівняння енергетичного балансу та математичних перетворень отримано аналітичну залежність, що дозволяє визначити приведений тиск деформування:

$$\bar{p}_1 = \frac{1}{2R_0H} [t^2 + l^2 + 2H^2 - 3Hl] + \frac{2\mu_s}{2R_0H} (t^2 + l^2) + \frac{1 \cdot e}{2R_0H} [2H^2 - Hb + 2s^2 - 2Hb + 2b^2]$$

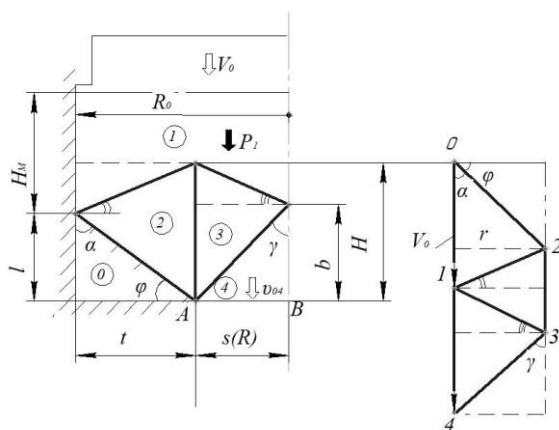
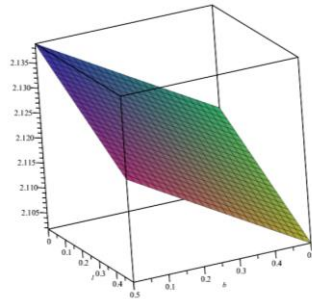


Рис. 1. Кінематично можливе поле швидкості та годограф швидкостей

Беручи за основу отримане рівняння та ставлячи за мету проаналізувати вплив форми осередку деформування (геометричне розташування величин \$l\$ та \$b\$) на кінцеві значення \$\bar{p}_1\$ побудована математична модель (рис. 2), втому числі з геометричною інтерпретацією.

```
restart; R0 := 45; H := 30; t := 25; s
:= 20;
e := (R0 - s)/s; mu := 0.08;
p := 1/(2*R0*H)*(2*H^2 - 3*H*l +
l^2 + t^2) + (2*mu)/(2*R0*H)*(l^2
+ t^2) + e/(2*R0*H)*((2*H^2 -
H*b + 2*s^2) - 2*H*b) + 2*b^2);
plot3d(p, l = 0 .. 0.5, b = 0.5 .. 0)
```

а



б

Рис. 2. Фрагмент програми розрахунку приведенного тиску деформування в Maple: лістинг (а); графічне відображення результатів (б)

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-22>

TRENDS OF RATIONAL USE OF MANGANESE IN CONVERTER MELTING TECHNOLOGY

ТЕНДЕНЦІЇ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ МАРГАНЦЮ В ТЕХНОЛОГІЇ КОНВЕРТЕРНОЇ ПЛАВКИ

Malii Kh.V.

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

Малій Х.В.

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

Hladkykh A.A.

student (group 136S-22-1m), LLC "Technical university "Metinvest polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine

Гладких А.А.

студент гр. 136С-22-1м, ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка», м. Запоріжжя, Україна

Проблема ефективного конвертування чавуну з різним вмістом марганцю, у тому числі з особливо низьким на теперішній час є актуальною задачею для більшості металургійних підприємств України.

Світова конвертерна практика останніх років характеризується тенденцією зниження вмісту марганцю у чавуні. З точки зору технології сталеплавильного виробництва оптимальним вмістом марганцю в чавуні вважається рівень 0,5–0,6% однак, з економічної позиції, позиції ефективного використання марганецьвміщуючої металургійної сировини в доменному і сталеплавильному виробництві підприємства галузі вимушені працювати на маломарганцевому чавуні.

В умовах переділу чавуну з пониженим вмістом марганцю в первинних і кінцевих шлаках суттєво знижується вміст оксидів марганцю, які є вельми важливими для процесу шлакоутворення. В такому випадку є доцільним присадки в конвертер марганецьвміщуючих матеріалів: руди, агломерату, шлаків феросплавного виробництва.

Відомо, що основними технологічними особливостями конвертерного процесу, що передбачає роботу на низькомарганцевому чавуні є уповільнене шлакоутворення і знижений вміст марганцю після продувки в конверторі. Саме ці показники суттєво впливають на основні технологічні особливості переробки такого чавуну: заметалювання фурми і горловини конвертора, зниження виходу придатного в зв'язку з втратами металу з виносом і вибросом, зменшення стійкості футеровки, збільшення витрат феросплавів.

Всі ці негативні явища, які створюються при переробці чавунів з низьким вмістом марганцю, окрім підвищених витрат феросплавів, які містять марганець, можуть бути приборані шляхом значного підвищення витрат плавикового шпату. Однак, існуючий дефіцит і висока вартість CaF_2 примушує шукати йому рівноцінну заміну.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-23>

INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF CAST IRON ON THE PERFORMANCE OF OXYGEN CONVERTERS

ВПЛИВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЧАВУНУ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КИСНЕВИХ КОНВЕРТОРІВ

Mameshyn V.S.

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

Мамешин В.С.

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

Doronin A.S.

*student (group 136S-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Доронін А. С.

*студент гр. 136С-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

У теперішній час у світі експлуатується 263 конвертерних цеху, що нараховують більш 7000 конвертерів.

Найбільше число конвертерів у Китаї (більш 150), але тільки 13 з них мають місткість більш 100 т. У Японії з 30 цехів в 24 встановлені конвертери місткістю більш 100 т (115–300 т), у США й ФРН тільки у двох цехах (у кожній країні) працюють конвертери місткістю більш 100 т.

В 118 цехах установлене по три конвертери й більш, у тому числі в Японії – 13 (з 31), у США – 5 (з 26), у ФРН – 6 (з 15), у СНД – 11 (з 16).

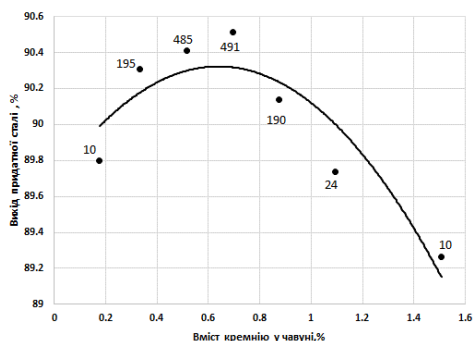
Конвертерне виробництво України включало 7 конвертерних цехів з 21 кисневими конвертерами ємністю від 60 до 335 т. загальною потужністю 28,4 млн. т. У теперішній час, на підконтрольних Україні територіях знаходиться 3 цехи (ПрАТ «ДМЗ» – 3х60 т, ПАТ «ДМК» – 2х250, «АрселорМітатал Кривий Ріг» – 6х150 т.

Таке широке розповсюдження киснево-конверторного процесу як у світі так й в Україні пов'язано з низкою його переваг (продуктивність, відпрацьованість технології, відсутність потреби у паливі чи електричній енергії та інш) [1]. Його часткам у світовому виробництві сталі у 2022 році склала 71,5%, а в Україні 65,5% [2].

Одним з важливіших показників, що дозволяє порівняти показники роботи різних конвертерних цехів, та судити о їх продуктивності є вихід придатної сталі.

На цей показник помітно впливає вміст у чавуні таких хімічних компонентів, як кремній та марганець.

Вплив вмісту кремнію та марганцю на вихід придатної сталі наведено на рис. 1 та 2.



Цифри біля точок кількість плавів у відповідному інтервалі

Рис. 1. Залежність виходу придатної сталі від вмісту Si в чавуні

$$\theta = -1,5563 \cdot \text{Si}_{\text{чав}}^2 + 1,9896 \cdot \text{Si}_{\text{чав}} + 89,687 \quad R^2 = 0,8359 \quad (1)$$

Як бачимо з рис. 1 вихід придатного металу від вмісту кремнію у чавуні має екстремальну залежність, оптимум спостерігається при вмісті кремнію в чавуні близько 0,63%, хоча зазвичай оптимум спостерігається при вмісті кремнію в чавуні близько 0,8%.

При низьких вмістах кремнію процес розчинення вапна затягується, в результаті чого подовжується безшлаковий період. Внаслідок цього на початку продування отримують розвиток процеси інтенсивного утворення окислов заліза, які частково асимілюються шлаком, а частково виносяться в систему газового тракту.

По мірі збільшення концентрації кремнію у чавуні поліпшуються умови шлакоутворення й знижуються інтенсивність процесів окислення заліза та вибросів у початковій стадії продування. Однак при цьому прямо протилежно діє інший фактор – збільшення вигару компонентів чавуну. В результаті підвищення придатного металу відбувається доки скорочення втрат заліза зі шлаком та пилом у початковий період продування не буде

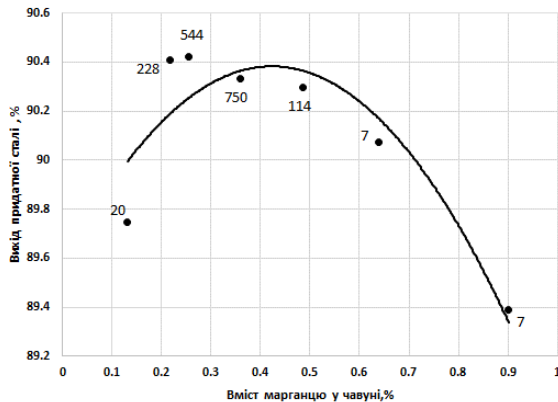
перекриватися їх збільшенням за рахунок вигару компонентів металошихти. При концентрації кремнію в чавуні більш оптимального вигар компонентів металошихти стає домінуючим фактором, яким в основному й обумовлено зниження виходу придатного металу.

Утеперішній час в українських кисневих цехах зазвичай застосовують чавуни, що відносять до групи низькомарганцевих, переробка яких суттєво впливає на вихід придатної сталі. Графік цієї залежності наведено на рис. 2.

Залежність впливу вмісту марганцю в чавуні на вихід придатного металу, описується рівнянням:

$$\theta = -4,5699 \cdot \text{Mn}_{\text{чав}}^2 + 3,8674 \cdot \text{Mn}_{\text{чав}} + 89,564 \quad R^2 = 0,8325 \quad (2)$$

Як бачимо з рис. 2.5 залежність має екстремальний характер з оптимумом при вмісті марганцю близько 0.45%.



Цифри біля точок кількість плавок у відповідному інтервалі

Рис. 2. Залежність впливу вмісту Mn в чавуні на вихід придатного металу

При вмісті марганцю у чавуні менш оптимального спостерігається зниження виходу придатної сталі, що пов'язане з уповільненим й незадовільним шлакоутворенням й, внаслідок цього, замetalювання фурми й горловини конвертера, погіршення дефосфорації й десульфурзації металу, збільшення втрат з виносами й викидами.

При збільшенні концентрації марганцю більш оптимуму також спостерігається зниження виходу придатної сталі, це пов'язано з його більш високим вигаром оскільки у відповідності до термодинамічних

умов киснево-конверторної плавки зазвичай окислюється 75–80% від вмісту у шихті, а відповідно переходить у шлак у вигляді MnO .

Перелік використаних джерел

1. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія Дніпропетровськ: Дніпро-ВАЛ, 2004. 454 с.
2. World Steel in Figures 2023 – Brussels: World Steel Association, 2023. 17 p. URL: (<https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2023/>) (дата звернення 28.09.2023) – Назва з екрана.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-24>

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF CHANGES IN THE TEMPERATURE OF CAST IRON DURING ITS TRANSPORTATION ON THE INDICATORS OF THE OXYGEN CONVERTER PROCESS

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ЧАВУНУ В ХОДІ ЙОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ НА ПОКАЗНИКИ КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕСУ

Mameshyn V.S.

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

Мамешин В.С.

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

Nefodov Ye.O.

*student (group 136S-22-1m),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Нефьодов Є.О.

*студент гр. 136С-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Технологія і показники конверторної плавки значною мірою залежать від хімічного складу і температури чавуну, які визначаються ходом доменного процесу і умовами транспортування чавуну. Це

пов'язано з тим, що основною сировиною для кисневого конвертера є рідкий чавун, доля якого у складі шихти зазвичай складає (70...80%), а доля фізичної теплоти чавуну в тепловому балансі киснево-конвертерної плавки складає близько 50% [1].

Для забезпечення достатнього приходу фізичної теплоти з рідким чавуном рекомендована температура рідкого чавуну перед заливкою в конвертер зазвичай складає 1250–1450°C. Застосовувати чавун з нижчою температурою небажано, оскільки це веде до холодного початку продування, уповільнення шлакоутворення та підвищенню витрати чавуну, що значно підвищує собівартість готової сталі.

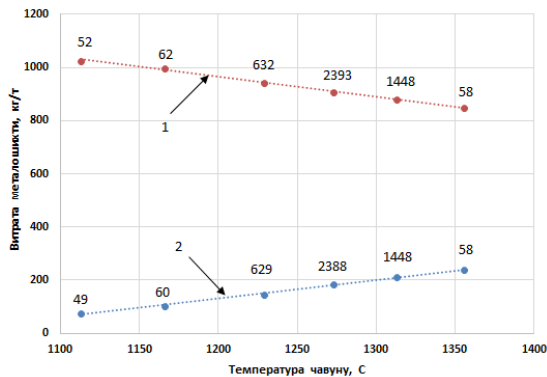
Це пов'язане з тим, що вартість рідкого чавуну є основною статтею у собівартості готової сталі, тому для підвищення конкурентоспроможності готової продукції потрібно зниження витрати чавуну за рахунок підвищення витрати менш коштовного брухту.

Одним з важливіших показників киснево-конверторного процесу на який впливає температура рідкого чавуну є витрати брухту й чавуну, графік залежностей цього впливу наведено на рис. 1.

Рівняння регресії, що описують залежності наведені на рис. 1 (питомої витрати брухту та чавуну від температури рідкого чавуну) складають:

$$m_{\text{чав.}} = 0,6919 \cdot t_{\text{чав}} - 697,53 \quad R^2 = 0,9942 \quad (1)$$

$$m_{\text{бр.}} = -0,7418 \cdot t_{\text{чав}} + 1.855.7 \quad R^2 = 0,9961 \quad (2)$$



1 – питома витрата чавуну 2 – питома витрата брухту

Цифри біля точок кількості плавки у відповідному інтервалі

Рис. 1. Залежність питомої витрати чавуну й металобрухту від $t_{\text{чав}}$

Розрахунки за рівняннями 1 та 2 показують, що збільшення $t_{\text{чав}}$ на 10°C призводить до зменшення питомої витрати чавуну ($m_{\text{чав.}}$) на $7,4 \text{ кг/т}$ та збільшення $m_{\text{бр.}}$ на $6,9 \text{ кг/т.}$, що добре стикується з даними [2].

Така зміна у питомій витраті металевих шихтових матеріалів пояснюється тим, що при збільшенні $t_{\text{чав}}$ значно зростає його ентальпія й відповідно збільшується надходження теплоти у ванну, тому для компенсації надлишку теплоти та збереження теплового балансу виникає потреба у додатковій витраті охолоджувачів яким, як відомо, в конвертерному процесі є металобрухт.

Тому питома витрата металобрухту збільшується, при цьому для збереження загальної маса металозавалки витрату чавуну знижують.

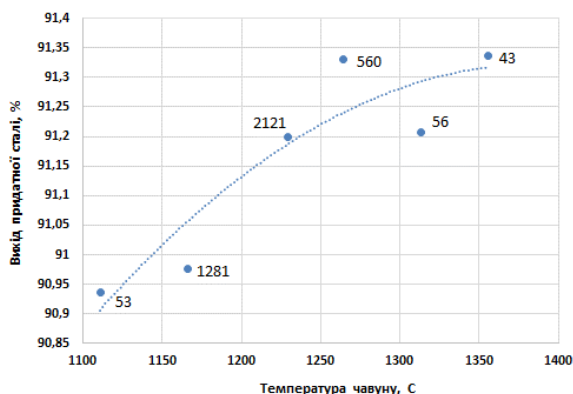
Ще одним важливим показником кисневі-конверторної плавки є вихід придатної сталі який показує ефективність роботи агрегату. Графік залежності впливу $t_{\text{чав}}$ на вихід придатної сталі наведено на рис. 2.

Середній вихід придатного металу для експериментального масиву плавок складає $91,26\%$.

Залежність наведена на рис. 3 має висхідний тренд, що добре стикується з літературними даними.

Залежність виходу придатної сталі від $t_{\text{чав}}$ описується рівнянням

$$\theta = -5 \cdot 10^{-6} \cdot t_{\text{чав}}^2 + 0,0151 \cdot t_{\text{чав}} + 80,862 \quad R^2 = 0,8403 \quad (3)$$



Цифри біля точок кількість плавків у відповідному інтервалі

Рис. 2. Залежність виходу придатної сталі від $t_{\text{чав}}$

Збільшення виходу придатного при збільшенні температури чавуну можливо пояснити двома причинами: по-перше, скороченням витрати

чавуну й зростанням питомої витрати брухту у металозавалці, що сприяє скороченню абсолютної величини вигару компонентів чавуну (С, Мп, Si, Р), й по-друге скороченням втрат заліза зі шлаком кількість якого, через меншу масу домішок, що окислюються й формують шлак, при постійних значеннях основності й окисленості, буде зменшуватися.

Перелік використаних джерел

1. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія Дніпропетровськ: Дніпро-ВАЛ, 2004. 454 с.
2. Williams Charles H. Iron and Steel Engines 1977, 54, № 6, p. 54-56.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-25>

ON THE POSSIBILITY OF STEEL SATURATION WITH NITROGEN IN THE STEEL SMELTING PROCESS

ПРО МОЖЛИВІСТЬ НАСИЧЕННЯ СТАЛІ АЗОТОМ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Medvedieva K.O.

*student (group 136s-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Медведєва К.О.

*студент гр. 136С-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Stoianov O.M.

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

Стоянов О.М.

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

Malii Kh.V.

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

Малій Х.В.

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

У будь-якій сталі в деяких кількостях містяться елементи, які в звичайних умовах є газами. До них у першу чергу відносяться кисень,

азот і водень, що значною мірою впливають на якість сталі. Процес проникнення газів у метал у формі атомів, іонів або з утворенням хімічних сполук у металургійній практиці зазвичай називають процесом розчинення газів у металі. Цей процес можна умовно розділити на кілька стадій: 1) масопереніс газу до металу; 2) адсорбцію газу на поверхні металу; 3) перехід через кордон газ – метал; 4) дифузію газу в тонкому (дифузійному) шарі рідини; 5) масопереніс в товщу металу.

Таким чином, лімітуючою ланкою процесу розчинення газів у металі є або зовнішньодифузійна (підведення газу), або внутрішньодифузійна (масоперенесення в металі) області. У деяких випадках лімітуючим є адсорбційно-кінетична ланка (адсорбція на поверхні та перехід через граничний шар). Частіше лімітуючою ланкою процесу є внутрішньодифузійна область, проте необхідно враховувати, що, крім заліза і газу, що розчиняється, в металі завжди міститься певна кількість домішок. Якщо третій компонент має поверхневу активність, він може суттєво впливати на інтенсивність переходу газу через кордон розподілу газ – метал. Також розчинність газів у металі залежить від температури.

Розглядаючи процес розчинення азоту в залозі можна зробити такі висновки: розчинність азоту в α - та δ - Fe зростає при підвищенні температури; розчинність азоту – γ Fe при підвищенні температури знижується, що пояснюється зниженням міцності нітриду Fe_4N ; розчинність азоту при переході з рідкого в твердий стан і з одного алотропічного стану в інший різко змінюється; розчинність азоту в рідкому залозі з підвищенням температури зростає. Процес розчинення азоту в рідкому залозі складається принаймні з двох ланок: дисоціації молекулярного азоту на атоми $\text{N}_2 \rightarrow 2\text{N}$, що супроводжується поглинанням тепла, та розчинення атомарного азоту $\text{N} \rightarrow [\text{N}]$, що супроводжується виділенням тепла. Оскільки $\Delta H_{\text{дис}} > \Delta H_{\text{роз}}$, то сумарний процес протікає з поглинанням тепла. При підвищених температурах спостерігається підвищення вмісту в металі азоту (наприклад, під час проковки металу технічним киснем з підвищеним вмістом азоту, у високотемпературній зоні дуги при обігріві електродугів тощо). При 1600°C та $p\text{N}_2 = 0,1$ МПа розчинність азоту в рідкому залізі близька до 0,044 %. При цих температурах азот утворює із залізом розчин, близький до ідеального. Утворення нітридів заліза (Fe_4N , Fe_2N) відбувається в процесі охолодження. За впливом на розчинність азоту в рідкому залізі елементи-домішки металу можна розділити на дві групи:

1. Утворюючі міцні нітриди (ванадій, ніобій, лантан, церій, титан, алюміній). Ці елементи підвищують розчинність азоту в залізі. Такі

домішки, як хром, марганець, молібден, зазвичай нітридів не утворюють, але вони характеризуються більшою хімічною спорідненістю до азоту, ніж до заліза, тому також помітно збільшують розчинність азоту.

2. Не утворюють нітридів (вуглець, нікель, мідь, фосфор) або утворюють з азотом сполуки, менш міцні, ніж з залізом (кремній). Ці елементи помітно знижують розчинність азоту у залізі.

При охолодженні сталі, що містить азот, небажаним є стрибкоподібна зміна розчинності. При швидкому охолодженні азот не встигає виділитись і розчин стає пересиченим. Процес виділення надлишкового азоту протікає під час експлуатації готового виробу і в багатьох випадках призводить до погіршення властивостей металопродукції.

Наявність у залізі поверхнево-активних домішок помітно впливає процеси розчинення (і відповідно виділення) азоту. Так, наприклад, кисень є поверхнево-активною домішкою; присутність у розплаві кисню обумовлює існування поверхневого шару, багатого киснем, що знижує швидкість переходу азоту через кордон газ-рідкий метал, тому при малій мірі розкисленості і невеликому перегріві металу над ліквідусом можна продувати сталь азотом без побоювання отримати надмірно високий вміст. Інше положення, коли метал добре розкислений або коли в агрегаті або в якійсь локальній зоні (наприклад, у зоні подачі технічного кисню у ванну) мають місце помітні перегріви металу.

Перелік використаних джерел

1. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі. Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2004.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-26>

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF PIPE ENTERPRISES
OF UKRAINE ACCORDING TO WORK RESULTS
IN THE FIRST HALF OF 2023**

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРУБНИХ ПІДПРИЄМСТВ
УКРАЇНИ ЗА ПІДСУМКАМИ РОБОТИ У ПЕРШОМУ
ПІВРІЧЧІ 2023 РОКУ**

Myronenko M.A.

*PhD (Engineering),
Scientific Secretary, State Enterprise
Ya.Ye. Osada Scientific Research
Tube Institute,
Dnipro, Ukraine*

Мироненко М.А.

*к.т.н., учений секретар Державного
підприємства «Науково-дослідний
та конструкторсько-технологічний
інститут трубної промисловості
імені Я.Ю. Осади»,
м. Дніпро, Україна*

Korol R.M.

*PhD (Engineering), Director,
State Enterprise Ya.Ye. Osada Scientific
Research Tube Institute,
Dnipro, Ukraine*

Король Р.М.

*к.т.н., директор Державного
підприємства «Науково-дослідний
та конструкторсько-технологічний
інститут трубної промисловості
імені Я.Ю. Осади»,
м. Дніпро, Україна*

Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут трубної промисловості ім. Я.Ю. Осади» (скор. ДП «НДТІ»), засноване 29 грудня 1937 року в м. Дніпропетровську [1]. В січні 1992 року було одним із засновників Об'єднання підприємств «Укртрубопром». До складу цього Об'єднання нині входять основні виробники труб України (понад 10 підприємств). Саме аналізу основних показників виробничої діяльності та перспективам розвитку трубних підприємств України, які входять до складу «Укртрубопром» присвячено наведений нижче матеріал.

За перші шість місяців 2023 року виробництво труб в Україні загалом склало 381,7 тис. т., що на 20,3 тис. т. більше, ніж за аналогічний період 2022 року. За даними митних органів у першому півріччі 2023 року було експортовано 197,5 тис. т. труб, що на 1,6% менше, ніж у першому півріччі 2022 року.

Головними імпортерами труб вітчизняного виробництва були країни ЄС – 114,4 тис. т. (57,9%); Північна Америка – 46,4 тис. т. (23,5%) та Азія – 26,5 тис. т. (13,4%).

У проаналізованому періоді труби українських виробників відвантажувались до 49 країн світу. Водночас за такий же період 2022 року споживачами вітчизняних труб були замовники з 65 країн світу. Таке суттєве зменшення кількості країн-споживачів обумовлене активними бойовими діями на теренах держави через війну РФ проти України, повномасштабна фаза якої триває від 24 лютого 2022 року.

Окремо варто зазначити, що відбулось суттєве падіння виробництва електрозварних труб (-74,9%), а також центробіжнolitих (-69,6%) у порівнянні з аналогічним періодом 2022 року. Щодо перших відбулося згортання вітчизняного ринку, щодо других – ускладнена логістика із зовнішніми споживачами за кордонами нашої держави.

Виробництво труб зі сплавів на основі титану також суттєво просіло у першому півріччі 2023 року і склало лише 0,7 т., що на 96,7% менше, від того, що було виготовлено у першому півріччі 2022 року.

Водночас показники, які характеризують продуктивність праці на підприємствах, що перебувають під егідою «Укртрубопром» у першому півріччі 2023 року в діючих цінах показали позитивну динаміку і зросли на 74,1% або 1315,98 тис. грн./чол. За рахунок збільшення обсягу виробництва товарної продукції на 44% або 7897,7 млн. грн.

Середньосписочна чисельність штатних працівників на підприємствах, які входять до Об'єднання «Укртрубопром» за перше півріччя 2023 року склала 8545 чол., що менше, ніж за перше півріччя 2022 року на 1673 чол. за загальною чисельністю.

В той же час, згідно з інформацією, яка була надана авторам, заробітна плата на підприємствах «Укртрубопром» у середньомісячному вимірі за перше півріччя 2023 року зросла на 37,4% або на 5861,72 грн. й склала 21531,67 грн. причому позитивна динаміка має тренд на збереженні і до кінця 2023 року.

Спираючись на інформацію, яку отримують співробітники ДП «НДПІ», виконуючи різноманітні експертизи на замовлення державних органів України також варто зазначити, що за перше півріччя 2023 року суттєво зросла частка труб на вітчизняному ринкові, які потрапляють на нього у незаконний спосіб. Факти недоброчесної конкуренції мають систематичний характер і можуть нині розглядатися як ще один фронт у боротьбі за саме існування української держави.

Підводячи підсумок всьому вищесказаному варто зазначити наступне.

По-перше, війна на території України вкрай негативно впливає перш за все на зміну логістичних маршрутів руху виготовленої в державі продукції, зокрема і труб.

По-друге, через ускладнену логістику вітчизняні виробники не мають змоги вчасно виконувати замовлення навіть на традиційних ринках збуту, що негативно позначається на їхній фінансовій стійкості.

По-третє, за понад рік активних бойових дій в Україні внаслідок неспровокованої агресії РФ відбулася певна адаптація бізнесу до нових умов воєнного часу, що наочно засвідчують деякі показники виробничої і господарської діяльності вітчизняних трубних підприємств.

Перспективи подальшого розвитку підприємств трубної галузі України до завершення війни перебувають у стані постійної невизначеності.

Перелік використаних джерел

1. Король Р.М., Мироненко М.А., Рябець М.А. Розвиток галузевої науково-дослідної установи державної форми власності в умовах постійної зовнішньої агресії. *International Partnership and Cooperation of Ukraine in Wartime: Collective monograph* / edited by D. Nascimento, G. Starchenko. University of Coimbra, Portugal – Chernihiv: REICST, 2022. Pp. 159–174. DOI: <https://doi.org/10.54929/monograph-02-2022-01-12>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-27>

**MODERN TRENDS IN IMPROVING THE PROCESSING
OF NICKEL METAL WASTE AND ITS ALLOYS**

**СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕРОБКИ
МЕТАЛЕВИХ ВІДХОДІВ НІКЕЛЮ ТА ЙОГО СПЛАВІВ**

Nesterenko T.M.

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

Нестеренко Т.М.

*к.т.н., доцент, Запорізький
національний університет,
м. Запоріжжя, Україна*

Nesterenko O.M.

*Researcher, Zaporizhzhia Machine-
Building Design Bureau PROGRESS
State Enterprise named after
Academician A.G. Ivchenko,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Нестеренко О.М.

*науковий співробітник,
ДП «Запорізьке машинобудівне
конструкторське бюро «Прогрес»
імені академіка О.Г. Івченка,
м. Запоріжжя, Україна*

Didenko L.M.

*student (group 8.1362-mkm-z),
Zaporizhzhia National University,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Діденко Л.М.

*студент, гр. 8.1362-мкм-з,
Запорізький національний
університет, м. Запоріжжя, Україна*

Світові ресурси нікелю оцінюють близько 600 млн. т за даними Геологічної служби США, щорічне видобування з надр – 60 млн. т [1, с. 1813–1841]. У рудах нікель знаходиться у складі хімічних сполук разом з кобальтом, арсеном, залізом, сіркою та ін. У сульфідних мідно-нікелевих рудах міститься від 0,3 % до 5,5 % нікелю. В окислених нікелевих рудах, що надходять на переробку, вміст нікелю складає від 0,9 % до 1,5 % [2, с. 162–163]. Виготовлення нікелю з природних руд є трудомістким процесом.

Нікель використовують для виготовлення різних сплавів і сталей зі спеціальними властивостями. Відомо понад 3000 сплавів, що містять нікель [3, с. 349]. Так, у нафтопереробних, нафтохімічних, фармацевтичних та інших промислових процесах використовують нікелеві каталізатори, вміст нікелю у яких знаходиться в межах від 3 % до 80 % [4]. Вважають, що кожного року в світі утворюється близько 150 тис. т відпрацьованих каталізаторів.

Ресурсозбереження, яке є одним із завдань, поставлених перед вітчизняною промисловістю, можна вирішити комплексним використанням наявних джерел сировини, створенням безвідходних виробництв та технологій.

У промислових умовах металеві відходи нікелю зазвичай підшихтовують під час пірометалургійної переробки рудної і вторинної сировини [5, с. 337, 364]. Проте за таких умов деякі легуючі кольорові метали (наприклад, реній), що входять до складу нікелевих сплавів, повністю втрачаються з різними продуктами переробки (гази, що відходять, шлак тощо).

Технологія переробки відпрацьованих каталізаторів на феросплави, які використовують далі для виробництва нержавіючої сталі, запроваджена компанією Tetronics International на двох власних промислових підприємствах [6]. Феросплави отримують шляхом плазово-дугового плавлення за постійного струму з додаванням як розкислювач коксу або антрациту. Враховуючі зростання обсягів нафтохімічних каталізаторів, що надходять на переробку, компанія прогнозує збільшення виробничих потужностей.

Створення нових авіаційних апаратів воєнного та цивільного призначення, в тому числі надзвукового перевезення пасажирів, неможливо без авіаційних газотурбінних двигунів. Розробники авіаційних двигунів намагаються підвищити температуру газу на вході газу в турбіну. Тому виникла потреба у використанні жароміцних нікелевих сплавів низької щільності для виготовлення лопаток двигунів. Під час виготовлення лопаток та після експлуатації двигунів утворюється значна кількість металевих нікелевих відходів: відходи повернення та ливникових систем, браковані та відпрацьовані лопатки. Такі відходи нікелевих сплавів є багатокомпонентними системами, що містять до 12 легуючих і мікролегуючих елементів. Попереднє очищення нікелевих відходів електронно-променевим переплавленням усуває неметалеві включення у виливках, які погіршують властивості сплавів, та запобігає появі дефектів під час лиття, що утворюються у разі прямого залучення таких металевих відходів до складу шихти.

Перелік використаних джерел

1. Mudd Jowitt. A detailed assessment of global nickel resource trends and endowments. *Economic Geology*. 2014. V. 109. P. 1813–1841.
2. Верховлюк А. М., Нарівський А. В., Могилатенко В. Г. Технологія одержання металів та сплавів для ливарного виробництва : навч. посіб. Київ : Видавничий дім «Вініченко», 2016. 224 с.

3. Основи металургійного виробництва металів і сплавів : підручник / Д. Ф. Чернега та ін. ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. Київ : Вища школа, 2006. 503 с.

4. Переробка та відновлення дорогоцінних металів. Переробка нікелевого каталізатора. URL: <https://www.metalandcatalyst.com> (дата звернення: 30.09.2023).

5. Грицай В. П., Бредихін В. М., Червоний І. Ф., Пожуєв В. І. Металургія кольорових металів : підручник. Ч. 5 : Металургія важких металів ; Кн. 2. Технологія міді та нікелю. Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 448 с.

6. Johnson Tim. Is it time to recycle more nickel? *Stainless Steel World Publisher*. 2017. June. P. 20–21. URL: <https://stainless-steel-world.net/is-it-time-to-recycle-more-nickel/> (дата звернення: 30.09.2023).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-28>

ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF THE METHOD FOR DETERMINING RESIDUAL STRESSES IN THE METAL OF WELDED STRAIGHT PIPES OF LARGE DIAMETER

АСПЕКТИ З РОЗВИТКУ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ У МЕТАЛІ ЗВАРНИХ ПРЯМОШОВНИХ ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРА

Ovsianikov V.V.

*PhD student by specialty 136
“Metallurgy”, SHEI Pryazvaki State
Technical University; Technical
Director, “UKRTRUBOIZOL” LLC,
Dnipro, Ukraine*

Овсяников В.В.

*аспірант за спеціальністю 136
«Металургія», ДВНЗ «Приазовський
державний технічний університет»;
директор технічний,
ТОВ «УКРТРУБОІЗОЛ»,
м. Дніпро, Україна*

В Україні на підприємстві ТОВ НВП «Укртрубоізол» за період 2019 по 2022 р.р. встановлено і введено в експлуатацію обладнання сучасного виробництва сталевих зварних прямошовних труб діаметром від 406,4 мм до 1422 мм у тому числі для магістральних нафто- і газопроводів. Це обладнання включає всі необхідні стани для забезпечення технології виробництва труб з вимогами нормативної

документації ДСТУ ISO 3183:2017, API Spec 5L, ДСТУ 9219:2023, ГОСТ 20295-85.

Особливістю такого обладнання є наявність гідромеханічного експандера, що виконує пошагове розширення зварної труби, рис. 1.

По API Spec 5L коефіцієнт пластичної деформації S_y (розширення) має знаходитися в межах від 0,003 до 0,015 включно [1].

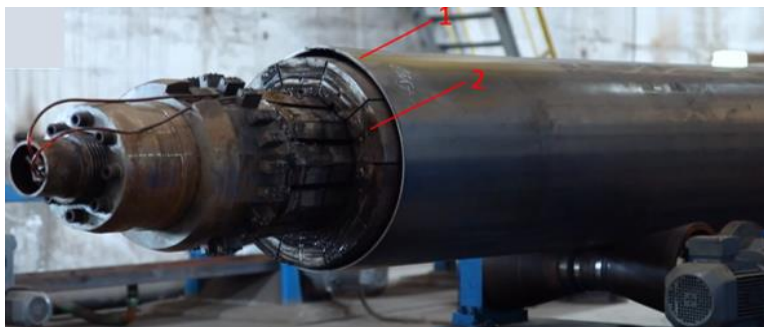


Рис. 1. Загальний вигляд труби в експандері: 1 – передній кінець труби; 2 – робочий інструмент голови експандера



Рис. 2. Поздовжній паз робочого інструменту для розташування зварного шва: 1 – ширина 45 мм, глибина 5 мм

Work was performed under supervision DSc (Engineering) Professor, SHEI Pryazvakyi State Technical University Hryhorenko V.U.

Робота виконувалась під керівництвом Григоренко В.У., д.т.н., професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

При експандуванні внутрішній валик посилення зварного шва розташовують у спеціальному поздовжньому пазу робочого інструменту, що контактує з внутрішньою поверхнею труби рис. 2.

Таким чином, між валиком посилення зварного шва та робочим інструментом немає контакту і на нього не діють радіальні сили. Так як товщина зварного шва більша ніж товщина стінки труби і метал шва має міцність не меншу ніж метал труби шов не буде пластичне деформуватись при експандуванні.

Застосували метод розрізання кілець для отримання якісних значень характеристик остаточних напружень.

Взяли труби діаметром 630 мм з зовнішнім периметром 1981–1982 мм, товщиною стінки 8 мм, виготовлені з прокату сталі марки S355 однієї плавки та партії, одного стану постачання листа – гарячекатаний. Границя міцності металу σ_b 529 Н/мм², Границя плинності σ_t 403 Н/мм².

Перед зварюванням трубних заготовок був зроблений вимір розкриття між поздовжніми кромками трубної заготовки. Відстань між поздовжніми кромками трубної заготовки (розкриття) становила 70–80 мм. Це зумовлено технологією виробництва труб на стані покрокового J – формування. При такому виді формування для зняття трубної заготовки зі стану потрібне таке значення розкриття.

Від труб після зварки шва відібрали чотири кільця шириною 200 мм.



Рис. 3. Розрізані кільця № 1, № 2, № 3, № 4

Перше кільце № 1, периметр 1982 мм, не експандоване, розрізали в місці зварного шва. Після розрізання кільце розширилось і розкриття стало 180 мм.

Друге кільце № 2, периметром 1982 мм експандували на величину 0,8% до периметра 1998 мм.

Після розрізання кільця № 2 відстань між двома повздовжніми кромками склала 56 мм.

Третє кільце № 3 периметром 1981 мм експандували на величину 1,2% до периметра 2004 мм.

Після розрізання цього кільця відстань між двома повздовжніми кромками склала 53 мм.

Четверте кільце № 4 периметром 1982 мм експандували на величину 0,4% до периметра 1990 мм. Після розрізання експандованого кільця № 4 відстань між двома повздовжніми кромками склала 58 мм.

Результати вимірів зведено в таблицю 1.

Таблиця 1

Результати вимірів кілець

№ кільця	Периметр до експандування, мм	Процент експандування, %	Периметр після експандування, мм	Розкриття після розрізання, мм
№ 1	1982	0	1982	180
№ 2	1982	0,8	1998	56
№ 3	1981	1,2	2004	53
№4	1982	0,4	1990	58

Висновки

Отримані нові експериментальні заводські дослідження якісних значень характеру залишкових напружень в гарячекатаному металі в залежності від величини експандування.

Після експандування розкриття між повздовжніми кромками зварної труби розрізаної повздовж її вісі зменшується майже у три рази.

Результати вимірів, представлені в таблиці 1 вказують, що розкриття між повздовжніми кромками зварної труби після експандування не залежить від величини експандування.

Експандування, за рахунок переходу межі плинності металу при розширенні діаметру труб значно знижує залишкові напруження після формовки листа в трубу та зварювання швів.

Отримані результати можуть бути корисними для технологічного персоналу підприємств з виробництва сталевих зварних труб великого діаметра та проектних організацій при проектуванні нафтогазопроводів.

Перелік використаних джерел

1. Лоскутов О.Ю., Овсяников В.В., Проців В.В., Григоренко В.У. Процес експандування в технологіях виробництва труб

великого діаметра для магістральних нафто– і газопроводів та металознавчі аспекти його використання. Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет». *Збірник наукових праць НГУ*. 2021. № 65. С. 99–106. DOI: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/65.099>.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-29>

METHODS OF ELECTROMAGNETIC STIRRING OF METAL IN THE CCM MOLD

МЕТОДИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ МЕТАЛУ В КРИСТАЛІЗАТОРІ МБЛЗ

Oleshko M.V.

*student (group 136s-22-1m), LLC
“Technical university “Metinvest
polytechnic”, Zaporizhzhia, Ukraine*

Олешко М.В.

*студент гр. 136С-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Malii Kh.V.

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

Малій Х.В.

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

Synehin Ye.V.

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

Синегін Є.В.

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

Методи електромагнітної обробки сталі почали активно розвиватися на початку 70-х рр. минулого сторіччя і сьогодні є невід’ємною частиною технології безперервного розливання сталі у всіх країнах світу. Широкого вжитку магнітогідродинамічна (МГД) обробка розплаву набуває і у кольоровій металургії, зокрема з метою отримання металевих суспензій. Експлуатаційні характеристики мідних сплавів після МГД обробки збільшуються на 30 %, в алюмінієвих сплавах зменшується на 80 % кількість голкових неметалевих включень та у 6 разів їхня довжина, зносостійкість антифрикційних алюмінієвих сплавів збільшується у 2,5÷6 разів [1].

Вплив електромагнітного поля на рідкий метал виявляється як на макро– так і на мікрорівні. На макрорівні електромагнітну енергію використовують для плавки металу та його нагрівання електричним

струмом, переміщення металевого розплаву під дією електромагнітних сил, накладання тиску на рідкий метал, у тому числі у передкристалізаційний період.

На мікрорівні магнітні поля безпосередньо впливають на атоми хімічних елементів, що входять до складу сплавів, та надають їм різних прискорень, зумовлюють дипольні взаємодії в системах з феромагнітними і парамагнітними фазами та орієнтацією феромагнітних часточок уздовж силових ліній поля, змінюють величину коефіцієнта молекулярної дифузії елементів у рідкому металі та величину критичного зародка при кристалізації металу. Все це дає змогу керувати рухом металу, тиском, тепло– та масообміном в об'ємі металевого розплаву, змінюючи структуру і властивості литих заготовок. Безперечною перевагою МГД обробки є її безконтактний характер і низька інерційність [2].

При ЕМП відбувається низка важливих процесів зокрема: інтенсифікація тепло– і масообміну в об'ємі металу, що твердіє; вирівнювання температурного і концентраційного градієнту; інтенсифікація теплообміну з твердою кіркою; руйнування дендритів на фронті кристалізації; поліпшення умов асиміляції неметалевих включень шлаковою фазою. Дослідами на сплавах кольорових металів доведена можливість модифікування емульсованих неметалевих включень. За характером впливу ЕМП на технологію безперервного розливання розрізняють декілька принципів методів індукційного ЕМП для сортових, блюмових та слябових МБЛЗ у кристалізаторі, зоні вторинного охолодження (ЗВО) та зоні остаточного тверднення (ЗОТ) [1, 2, 3].

ЕМП в кристалізаторі полем, що обертається (*mold electromagnetic stirring* – MEMS) – різновид індуктивного перемішування спрямований на створення обертального руху рідкого металу у кристалізаторі. Слід зауважити, що на сортових і блюмових МБЛЗ обертальний рух металу завжди ініціюється обертальним магнітним полем, а на слябових використовується два генератори лінійного магнітного поля різної направленості.

За рахунок обертання сталі неметалеві включення та гази із меншою у порівнянні з металом густиною спрямовуються до центральної частини безперервнолитої заготовки (БЛЗ), звідки конвекційними потоками переносяться до дзеркала металу і асимілюються шлаком. Крім того, вимушена конвекція призводить до ламання гілок дендритів, пригнічуючи розвиток зони транскристалізації. Уламки дендритів, що відіграють роль штучних зародків, додатково подрібнюють структуру, зменшуючи осьову ліквідацію та центральну пористість. Поліпшення умов теплообміну рідкої фази із кіркою заготовки збільшує товщину кірки на виході з кристалізатора, зменшуючи імовірність проривів кірки під кристалізатором та вірогідність утворення внутрішніх тріщин [3].

Другою системою ЕМП, що застосовується переважно на слябових МБЛЗ, є системи електромагнітного гальмування (*electromagnetic brake* – EMBR). Метою якої є гальмування струменя сталі, що витікає з кристалізатора. Гальмування струменя дозволяє зменшити вірогідність проривів за рахунок поліпшення умов первинного охолодження сталі, а також зменшує глибину занурення газових і неметалевих включень у рідку сталь [2, 3].

Використання системи керування потоками у кристалізаторі (*fluent control mold electromagnetic stirring* – FC MEMS) показує хороші результати у комплексі із застосуванням безнапірних заглибних стаканів. Метою FC MOLD є зменшення ефекту розмивання кірки заготовки потоками металу, що витікає з отворів заглибного стакану перпендикулярно стінкам кристалізатора. Основний ефект – поліпшення умов формування твердої кірки заготовки [3].

На етапі вторинного охолодження заготовки застосовують системи електромагнітного перемішування із обертальним або лінійним магнітним полем (*strand electromagnetic stirring* – SEMS). Їх мета – пригнічення розвитку стовпчастих кристалів, а також усереднення хімічного складу та температури рідкої фази [1, 3].

ЕМП на фінальній стадії тверднення (*final electromagnetic stirring* – FEMS) та її перспективний аналог електромагнітний бустер (комплекс у складі FEMS та «м'якого» обтиснення) зазвичай використовують з метою пригнічення осьової ліквідації та усадочної шпаристості. Наразі використання FEMS обмежено через труднощі у визначенні його розташування та режимів роботи [3].

Використання МГД-систем вельми доцільно і за розливання сталі на МБЛЗ валкового типу. Їх використання спрямоване на виконання трьох основних задач технології: організація перемішування металу у проміжному ковші; організація підводу рідкої сталі у міжвалковий простір; запобігання бічного витікання металу з міжвалкового простору. Розташування цих систем обмежується промковшем, заглибним стаканом та кристалізатором.

Перелік використаних джерел

1. The Effects of Electromagnetic Stirring on Solidification Structure of Continuously Cast SUS430 Stainless Steel Slabs / H. Takeuchi, H. Mori, Y. Ikehara [et al.]. *Transactions of the Iron and Steel Institute of Japan*. 1981. № 2. P. 109–116.
2. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д.Ф. Чернега, В.С. Богущевський, Ю.Я. Готвянський [та ін.]; За ред. Д.Ф. Чернеги, Ю.Я. Готвянського. К.: Вища школа, 2006. 503 с.
3. Горюк М.С. Перспективи застосування оригінального магнітодинамічного обладнання в технологіях валкового лиття /

М.С Горюк, В.К. Погорський, М.А. Слажнєв. *Ливарне виробництво: технології, матеріали, обладнання, економіка та екологія*: Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 19-21 листопада 2012 г. Київ, 2012. С. 77–79.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-30>

STRUCTURE AND PROPERTIES OF A LOW-CARBON STEEL WIRE AFTER COMBINED COLD DEFORMATION

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ ДРОТУ З НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ ПІСЛЯ КОМБІНОВАНОГО ХОЛОДНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

Pashynska O.G.

*DSc (Engineering), Senior researcher,
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”, Zaporizhzhia;
E.O. Paton Electric Welding Institute,
Kyiv, Ukraine*

Пашинська О.Г.

*д.т.н., старший науковий
співробітник, ТОВ «Технічний
університет «Метінвест
політехніка», м. Запоріжжя;
Інститут електрозварювання імені
Є.О. Патона Національної академії
наук України, м. Київ, Україна*

Skulskyi V.Yu.

*DSc (Engineering), Senior researcher,
E.O. Paton Electric Welding Institute,
Kyiv, Ukraine*

Скульський В.Ю.

*д.т.н., старший науковий
співробітник, Інститут
електрозварювання імені
Є.О. Патона Національної академії
наук України, м. Київ, Україна*

Boyko I.O.

*Ph.D., Associate Professor,
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”, Zaporizhzhia;
E.O. Paton Electric Welding Institute,
Kyiv, Ukraine*

Бойко І.О.

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

The positive effect of shear stresses on the plasticity of metals during deformation is known. Therefore, the combination of the shear with the drawing process can increase the technological plasticity of the wire. This idea served as the basis for the development of a combined deformation method consisting of drawing with shear. The aim of the work was to increase the

technological plasticity of a wire made of low-carbon steel during drawing in order to reduce the number of anneals during deformation. The technology of drawing with shear is developed. The proposed technology of wire production combines standard drawing and drawing with a shear.

It is shown that using an experimental technology allows to vary the size of ferrite grain and pearlite colonies with increasing degree of deformation. In result, the grains and colonies have decreased nonequiaxiality. After using the dies with shear it can be observed an increase of grain size and reducing of anisotropy in comparison with standard technology. In result, the grains and colonies have decreased nonequiaxiality (fig. 1). Increasing degree of deformation at standard technology results in a gradual decrease of the average grain size and an increase in anisotropy. Furthermore, in standard drawing the increasing degree of deformation increases the number of pores. This causes the cracks growth and wire breakage during drawing. Drawing with a shear allows reducing the number of pores in wire with small diameter and to continue drawing for a $\varnothing 1.55$ mm without annealing.

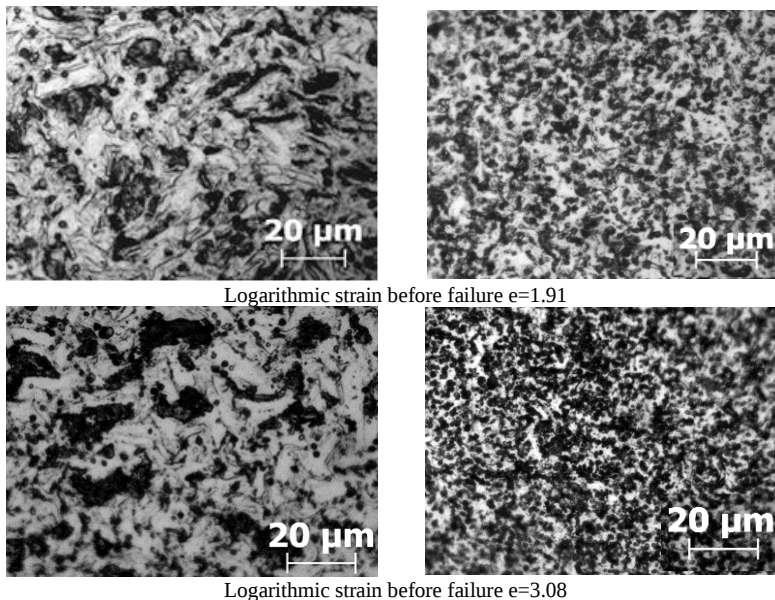


Fig. 1. Structure of steel 08G2S after shear rolling and cold drawing

It is found that using an experimental technology allows to improve mechanical properties of the wire in small diameters. Relative reduction in wire remains at high level during drawing that is sufficient for drawing without annealing. In standard drawing technology relative reduction drops more than twice (fig. 2, 3).

The technology of drawing with shear allows increasing technological plasticity of low-carbon steel without heat treatment. Thus, the proposed technology of drawing with shear allows saving energy resources.

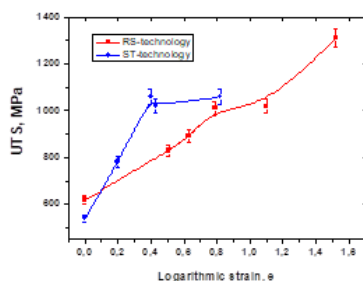


Fig. 2. Dependence of low-alloyed structural steel Grade 08G2S wire UTS on logarithmic strain at drawing

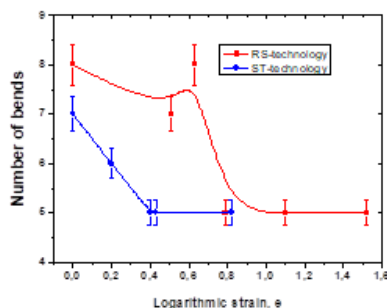


Fig. 3. Dependence of low-alloyed structural steel Grade 08G2S number of bends on logarithmic strain at drawing

Conclusions

1. It is shown that after shear rolling, the resulting metal is characterized by a finely dispersed equiaxed structure with a predominance of high-angle boundaries and a reduced dislocation density in the grain body.

2. It has been established that a structure of this type makes it possible to achieve high strength and ductility of products, isotropy of properties with respect to the deformation axis.

3. This metal structure allows further cold deformation without intermediate annealing, which makes it possible to save gas consumption, working time and avoid the construction of expensive thermal furnaces for heat treatment.

Bibliography

1. Zavdoveev A., Len A., Pashinska E. Small Angle Neutron Scattering Study of Nanoscale Structure of Low Carbon Steel After Rolling with Shear Followed by Cold Drawing. *Metals and Materials International*. 2021. V.27, pp. 481–487. DOI: 10.1007/s12540-020-00766-x.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-31>

THE USE OF THE RESULTS OF THE MACRO AND MICROSTRUCTURE RESEARCH FOR THE DEVELOPMENT OF THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF COMMERCIAL SLABS PRODUCED FROM INGOTS OF LOW-CARBON STEEL GRADE S355 FOR EU-ASSETS IN THE CONDITIONS OF PJSC “ZAPORIZHSTAL”

ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ МАКРО ТА МІКРОСТРУКТУРИ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТОВАРНИХ СЛЯБІВ, ВИРОБЛЕНИХ ІЗ ЗЛИТКІВ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ МАРКИ СТАЛІ S355 ДЛЯ ЄС-АКТИВІВ В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Pashynskiy V.V.

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

Пашинський В.В.

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

Liolko O.O.

Head of the Steelmaking Laboratory,
Center for Testing and Certification
of Products of PJSC “Zaporizhstal”;
Master’s student (group 132-22-1m),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine

Ліолько О.О.

начальник сталеплавильної
лабораторії, Центр з випробувань
та атестації продукції комбінату
ПАТ «Запоріжсталь»;
магістрант (група 132-22-1м),
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна

Метою даної роботи було забезпечення необхідної якості товарних слябів із сталі марки S355 відповідно до «STEEL GRADES DIRECTORY TDC 01/2022» Customers: Ferriera Valsider SpA; Metinvest Trameal SpA

(ERBU) Виробник: PJSC Iron&Steel Works «Zaporizhstal» виплавлених у двованному сталеплавильному агрегаті (ДСПА1) з подальшим розливанням у злитки масою 18,27 т.

У завдання даної роботи входило: розробка методики дослідження макро та мікроструктури слябів при відпрацюванні технології виготовлення товарних слябів із злитків сталі марки S355, отримання даних щодо параметрів макроструктури слябів, виготовлених по запропонованій схемі та розробка рекомендацій по підвищенню їх якості з метою проходження подальшої сертифікації цієї продукції.

Дослідження макроструктури слябів під час виробництва товарних слябів із сталі марки S355 в умовах ПАТ «Запоріжсталь» проводили спільно з підприємством КАМЕТ-СТАЛЬ. Оскільки така технологічна схема виробництва використовувалась вперше, була розроблена методика відбору темплетів від товарних слябів для дослідження макроструктури згідно вимог ASTM E 381-2020 та ДСТУ 8975-2019.

Після відбору темплетів на комбінаті ПАТ «Запоріжсталь» їх відправляють до КАМЕТ-СТАЛЬ для дослідження та макроструктури згідно з КАТАЛОГОМ МАРОК СТАЛІ TDC 01/2022. Додатково організовано контроль за проведенням мікроструктури в умовах ПАТ Запоріжсталь.

За результатами дослідження темплетів товарних слябів (рис. 1) встановлено:

- макроструктура досліджуваного зразка сляба характеризується такими дефектами, що нормуються: центральна пористість і точкова неоднорідність на рівні 1,5 і 2,0 балу відповідно; подсадочна ліквация – 1,0 балу та підкіркові бульбашки – 1,0 балу. Слід зазначити, що макроструктура слябу характерна для головної частини зливка і її особливість полягає в не типовості зовнішнього вигляду дефектів (дефекти мають довгасту форму і витягнуті у бік вузьких граней), що пов'язано з особливостями формування скоту розкату прямокутного перерізу з відношенням ширини до товщини приблизно 1:7;

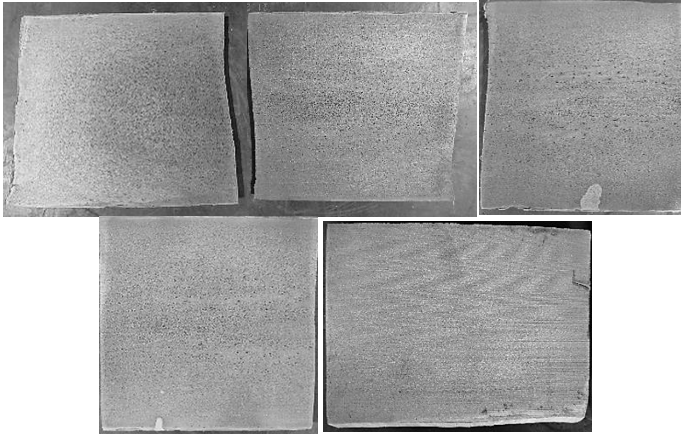


Рис. 1. Макроструктура товарного слябу

– забрудненість металу неметалевими включеннями (рис. 2) типу сульфідів відповідає 5 балам шкали ДСТУ 8966-2019;

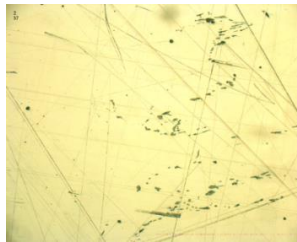


Рис. 2. Мікроструктура товарного слябу із сульфідами 5 балу, x100

– фактичний вміст сірки в товарних слябах становить 0,029–0,035% при необхідному 0,025%.

– глибина усадкових дефектів склала 15–17%.

За результатами досліджень на комбінаті ПАТ «Запоріжсталь» розроблено та впроваджено низку заходів щодо покращення якості товарних слябів:

– регламентовано: в шихтовку плавок застосовують тільки оборотний обріз та чавун з мінімальним поточним вмістом сірки 0,025–0,30, а також у завалку і доведення застосовують тільки металургійне вапно замість вапняку для забезпечення низького вмісту сірки в готовій сталі $S \leq 0,025\%$;

- проведено випробування нових видів шлакоутворювальних та утеплювальних злиткових сумішей для забезпечення зниження глибини усадкових дефектів, а також покращення якості слябів;

- при прокатці товарних слябів для ЕС-активів в обов'язковому порядку здійснювали кантування всіх розкатів на товщині у проміжку 300–400 мм., у залежності від товщини замовлення.

Впровадження цих заходів дозволило:

- зменшити вміст сірки у товарних слябах до 0,014–0,025% проти $S=0,029\text{--}0,035\%$ за поточною технологією;

- знизити забрудненість металу неметалевими включеннями типу сульфідів з 5-ти балов до 3-х балов шкали ДСТУ 8966-2019 (рис. 3);



Рис. 3. Мікроструктура товарного слябу 3 балу, x100

- зменшити РКМ головної частини слябу до 12% проти 15–17% за чинною технологією;

- знизився відсоток зачистки за поверхневими дефектами як до кантування при прийманні, так і після кантування при прийманні і склав 9,5% і 9,7% проти 13,9% і 19,5%, зниження на 4,4% і 9,8%;

- знизилася частка слябів із наявністю грубої вкатої окалини з 7,7% до 0,8%, зниження на 6,9% або 9,6 раз.

В даний час дана технологія впроваджена у виробництво ПАТ «Запоріжсталь» та отримано сертифікат у BUREAU VERITAS на виробництво товарних слябів.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-32>

STRUCTURE ASPECTS OF MECHANICAL PROPERTIES OF DUCTILE IRON FORMATION

СТРУКТУРНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

Pashynskiy V.V.

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

Пашинський В.В.

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

Pashynskaya O.G.

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

Пашинська О.Г.

*д.т.н., старший науковий
співробітник, ТОВ «Технічний
університет «Метінвест
політехніка», м. Запоріжжя,
Україна, ІЕС ім. Е.О. Патона,
м. Київ, Україна*

Boyko I.O.

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

Бойко І.О.

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

Ductile iron is widely used material for production of different details for machinebuilding by the cast technology because of its unique combination of excellent cast properties, high mechanical properties, and relatively low price. In international practice some standards and specifications that determined the chemical composition and mechanical properties of this material, for example [1, 2]. But main peculiarity of a ductile iron is absence of the direct relation between the composition and properties. Besides these parameters, final mechanical properties depend on technology of modification and nodularization, technology of the casting process (duration of the mould pouring, type of the mould) and design of the cast part. Therefore, to receive the required grade of material for the certain conditions, the long and expensive stage of the experimental determination of technology parameters is necessary.

To simplify the process of technological parameters adjustment, it is necessary to collect the information concerning the relationship between chemical composition, production technology and mechanical properties for the stable parameters of casting (design of the mould, duration and temperature of mould pouring).

Current investigation is directed on comparing of structure of ductile iron produced by technology of the modification and nodularization in the ladle (so called “sandwich» technique). Current technology (Tech 1) was compared with experimental (Tech 2). Main difference deals with using of additional secondary modification of metal by the adding of modifier to the stream of metal during the ladle pouring. Microstructure of materials is shown on Fig. 1.

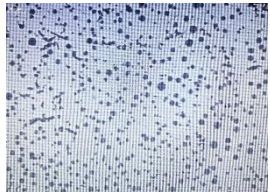
Technology	Nodularity	Ferrite/Pearlite ratio
Tech 1		
Parameters according to ISO 945	Graphite form – VI Nodularity – 70–80% Nodular density – 150 n/mm ² Graphite size – 6	Ferrite/pearlite ratio 30%/70%
Tech 2		
Parameters according to ISO 945	Graphite form – VI Nodularity – 75–85% Nodular density – 300 n/mm ² Graphite size – 7	Ferrite/pearlite ratio 70%/30%

Fig. 1. Microstructure of ductile iron, produced by different technologies

As we can see, secondary modification permits to obtain As we can see from the structure, secondary modification permits to receive the improvement of nodularity parameters – higher the nodularity and nodule

density and finer graphite size. But improvement in structure is not corresponds with increasing of mechanical properties. As we can see from the Table 1, material, produced by Tech 2 technology, has lower strength and plasticity. It may be explained taking into account the chemical composition of materials (see Table 2). As we can see from the table, both melts have the similar content of Mn, S, P and different content of C, Si, and Mg.

Materials have ferrite pearlite ratio (70/30 with Tech 1 technology against 30/70 with Tech 2 one). Ferrite pearlite ratio depends on:

- content of Si – ferrite content increases with growth of Si content;
- content of Mg – ferrite content decreases with growth of Mg content.

We also see that elongation with Tech 2 technology is lower than with Tech 1 despite of more favorable structure. It may be explained by the decreasing of ferrite plasticity with growth of Si content higher than 2,8–3% [3].

Table 1

The mechanical properties of the samples

Technology	Hardness, HB	Yield strength, MPa	Tensile strength, MPa	Elongation, %
Tech 1	195 – 200	388	585	10,6
Tech 2	180 – 185	335	487	8,2

Table 2

Chemical composition of metal in the ladle after pouring

Technology	C	Si	Mn	Mg	P	S
Tech 1	3,63	2,48	0,3	0,0418	0,001	0,011
Tech 2	3,36	3,12	0,33	0,035	0,001	0,011

Conclusions

Obtained results shows that the optimization of ductile iron structure demands corresponding adjustment of chemical composition. Tech 2 technology demonstrated the potential for improvement of microstructure parameters, but for realization of this potential, it is necessary to realize new step of investigations with corrected chemical composition. According the obtained results, following recommendation was proposed: Si content in the ladle 2,4–2,6%, Mg content in the ladle $\geq 0,04\%$.

Bibliography

1. ASTM A536 Standard Specification for Ductile Iron Castings. URL: <https://www.astm.org/a0536-84r19e01.html>

2. ДСТУ EN 1563:2015 Литво. Чавун з кулястим графітом. Технічні умови (EN 1563:2011, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=63675

3. Saravanan V.S. An Introduction to Ductile Iron Metallurgy and Melting Practice: Ductile Iron Technology. LAP LAMBERT Academic Publishing (October 18, 2012), 76 p.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-33>

**DEVELOPMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGY
IN ORDER TO OBTAIN REQUIRED MECHANICAL
CHARACTERISTICS DUE TO THE FORMATION OF
AN IMPROVED COMPLEX OF STRUCTURE AND PROPERTIES
OF 30MNB5 STEEL PRODUCED BY PJSC “ZAPORIZHSTAL”**

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ЗАДАНИХ МЕХАНІЧНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ЗА РАХУНОК ФОРМУВАННЯ
ПОЛІПШЕНОГО КОМПЛЕКСУ СТРУКТУРИ
ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛІ МАРКИ 30MNB5 ВИРОБНИЦТВА
ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

Pashynskyi V.V.

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

Пашинський В.В.

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

Tereshchenko A.H.

*Engineer of the First Category,
Center for testing and certification
of products of PJSC “Zaporizhstal”;
master’s student (group 132-22-1m),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Терещенко А.Г.

*інженер першої категорії,
Центр з випробувань та атестації
продукції комбінату
ПАТ «Запоріжсталь»;
магістрант (група 132-22-1м),
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Метою даної роботи було дослідження та встановлення можливості отримання необхідних механічних властивостей та твердості сталі

30MnB5 шляхом розробки режимів прокатки та термічної обробки в умовах ПАТ «Запоріжсталь».

У завдання даної роботи входило: дослідження механічних властивостей та твердості сталі 30MnB5 з забезпеченням необхідної якості виготовлення гарячекатаного листа розмірами 3,0-7,0х1250х2000-6000 мм із сталі марки 30MnB5 із необхідними технічними характеристиками в умовах ПАТ «Запоріжсталь».

На комбінаті не було досвіду виробництва листового прокату з цієї легованої сталі. Було розроблено технологію виробництва гарячекатаного листа, складено програму робіт «З виготовлення дослідної партії гарячекатаних листів зі сталі марки 30MnB5»,

У процесі роботи вносилися корективи в режими виплавки злитків, прокатки слябів та гарячекатаних смуг, підготовлено 3 зміни.

Шихтовка плавки здійснювалася із застосуванням 17,0 т бою електродвигунів (з розрахунку внесення 0,996 тони міді в завалку). Додаткова кількість міді в кількості 0,61 тони вносилося по ходу доведення двома порціями (0,4 т і 0,21 т), на наступних плавках, мідь як легуючого елемента не вносилася. Розкислення металу в печі проводилося за допомогою 45%-го феросиліція у кількості 1,0 т на плавку. Додаткову кількість феросилікомарганцю 0,4 тони у ківш плавки присадили після закінчення сходу металу внаслідок перекидання при віддачі з бункера, після чого метал додатково перемішувався аргоном протягом 4 хвилини.

При розливанні плавки застосовувалася шлакоутворювальна суміш СК-В5-Р (з витратою 36 кг/злиток) та утеплювальна СПУ (з витратою 18 кг/злиток). Виливок злитків проводилася у виливниці 2Б типу.

Витримка складів під розливним майданчиком після закінчення розливу – 30 хвилин.

Час від кінця розливу до початку стриперування склав 2,33 години.

Сляби розпускаються через ножиці без порізу з подальшим різанням вогневим способом. Безпосередньо відразу ж після порізки сляби скидають на склад слябів ЦГП і негайно передають у неопалювані термічні печі з висувним подом для уповільненого охолодження до температури 250–300 °С. Після охолодження проводиться зачищення дефектів поверхні ручними вогневими різакми за температури не нижче 200 °С. Сляби зі сталі марки 30MnB5 прокатуються на НТЛС 1680 на смуги товщиною 6,0 мм і більше шириною 1000–1250 мм. Відбір контрольно-здавальних зразків проводиться відповідно до ДСТУ 8429-2015 для визначення механічних властивостей (поперечні зразки для визначення σ_T , σ_B , δ_5) та технологічних властивостей готового прокату (твердість HB). Мікроструктура прокату в основному має смугастість 1–3 бали, на більшості зразків відсутнє знеуглецювання (на

одній партії 0,3–0,6% від товщини прокату). Також відмічені неметалеві включення різного характеру.

Гарячекатані листи сталі марки 30MnB5 відвантажуються з такими технічними характеристиками:

- постачання прокату проводилося з хімічним складом ДСТУ EN 10083-3 та технічними характеристиками ДСТУ 8429-2015.

- механічні властивості – факультативно, із занесенням фактичних результатів у сертифікат. Пов'язано це з тим, що EN 10083-3:2006 обумовлено механічні властивості сталі марки 30MnB5 в загартованому стані. Можливість гарту листів на комбінаті відсутня. Після отримання позитивних результатів випробування прокатки 2 слябів було проведено наступний етап листового прокату на підприємстві ЗІМЗ. Від кожного листа вирізано по одній пластині (всього 20 пластин), розміри пластин 250x300 мм. Пластини були загартовані з метою видалення окалини, сторонніх часток з їхньої поверхні.

Далі пластини були передані в ковальське відділення, де оброблені:

- штампування;
- термообробка: нагрівання до 840–880°C, витримка 15–30 хвилин, загартування у воді;
- вимірювання твердості в ЦВАПК, оцінка – не нижче 40 HRC.

При відвантаженні гарячекатаних листів споживачеві геометричні розміри відповідали вимогам ДСТУ 8540:2015, площинність, мікроструктура, механічні та технологічні властивості прокату були факультативними.

Висновки:

1. З урахуванням отриманих результатів за тривалістю наповнення встановлено температуру випуску металу лише на рівні 1630–1640°C.

2. Збільшено час витримки злитків у виливницях до 3,0 годин.

3. Розроблено технологічний регламент виробництва гарячекатаних листів із сталі марки 30MnB5.

4. Оформлено акт освоєння виробництва гарячекатаних листів із сталі марки 30MnB5.

5. При черговому перегляді «Переліку металопродукції, можливої для реалізації...».

Внесено сортамент 3,0–7,0x1250x2000–6000 мм сталі марки 30MnB5 з наступними технічними характеристиками:

Хімічний склад по EN 10083-3:2006, сортамент ДСТУ 8540, з факультативними механічними властивостями та площинністю, точність порізки за довжиною листа до +100 мм.

В результаті даної роботи було розроблено технологічний регламент, визначено режими термічної обробки сталі 30MnB5, що сприятиме

виробництву нових видів металопродукції з покращеним комплексом механічних характеристик.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-34>

USE OF TECHNOLOGICAL RAW MATERIALS FOR OBTAINING ALUMINUM MAGNESIUM SPINEL

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ АЛЮМОМАГНІЄВОЇ ШПІНЕЛІ

Pruttskov D.V.

*DSc (Chemistry),
Zaporizhzhia National University,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Прутков Д.В.

*д.х.н., Запорізький національний
університет,
м. Запоріжжя, Україна*

Prokhorenko I.O.

*PhD student, Ukrainian State
University of Chemical Engineering,
Dnipro, Ukraine*

Прохоренко І.О.

*аспірант, Український державний
хіміко-технологічний університет,
м. Дніпро, Україна*

Сучасний розвиток інноваційного напрямку щодо розробки та удосконалення технологій виробництва вогнетривких матеріалів обумовив розширення спектру використання алюмомагнієвої шпінелі, як ефективної складової формованих магнезійно-шпінельних вогнетривів та неформованих матеріалів (бетонів, торкрет-мас), що використовуються для футеровки основних агрегатів технологічного циклу виробництва сталі, кольорових металів та цементної промисловості [1–5]. У виробництві вогнетривкої продукції найбільше використання отримали шпінелі MR-66 (збагачена периклазом і містить надлишок MgO в межах 32–33,5%) і шпінель AR-78 стехіометричного складу (71,8% Al_2O_3 , 28,2% MgO), для виготовлення яких використовують природні і синтезовані сировинні матеріали з мінімальною кількістю ініціаторів утворення не вогнетривких фаз [3].

Проведені дослідження ставили за мету визначення можливості застосування глиноземвмісних відходів абразивного виробництва – шламів електрокорунду (ШЕ) у складі шпінелеутворюючих композицій.

ШЕ представлені тонкодисперсним пилом з переважним розміром часток менше 0,09 мм (83%); у мінералогічному складі основна складова – α -корунд, рутил, гематит, β -кварц; хімічний склад ШЕ містить мас. %: Al_2O_3 – 92,5, MgO – 0,12, SiO_2 – 0,87, Fe_2O_3 – 1,45, CaO – 0,26, TiO_2 – 2,77, Na_2O+K_2O – 0,31. У якості магнезійного компоненту

композиційних сумішей, що містять ШЕ, використовували спечений магнезит після помелу у промислову трубному млині з розміром часток менше 0,063 мм – 93%, який відповідав наступному хімічному складу, мас. %: MgO – 96,32, SiO₂ – 0,64, Fe₂O₃ – 0,44, Al₂O₃ – 0,15, CaO – 1,12 (виробництво Китай), у співвідношенні, що забезпечувало вміст у суміші MgO та Al₂O₃ 30–33 і 64–67 відповідно. За умов експерименту додаткові способи підготовки складових компонентів, що впливають на підвищення реакційної здатності реагентів, а саме сумісний помел або механохімічна активація, не передбачувались, і підготовка суміші здійснювалася шляхом механічного перемішування з подальшим зволоженням водним розчином лігносульфонатів технічних щільністю 1,20–1,25 г/см³ до вологості 3%. Формування експериментальних зразків-циліндрів діаметром 36 мм і висотою 50 мм проводили на лабораторному гідралічному пресі при зусиллі пресування 100 Н/мм², і після сушіння при 110°C зразки випалювали в інтервалі температур 1350–1550°C з витримкою 1 година. Після випалу визначали згідно до вимог стандартів України показники властивостей зразків: водопоглинання, пористість та уявну щільність, та проводили дослідження фазових перетворень з використанням петрографічного аналізу та рентгенофазового аналізу (дифрактометр Rigaku Miniflex 600).

В результаті дослідів встановлено, що синтез алюмомагнезійної шпінелі відповідає температурі 1400°C і підвищення температури випалу експериментальних зразків до 1450°C сприяє зростанню розмірів кристалів шпінелі. Подальше зростання температури випалу сприяло спіканню матеріалу за рахунок утворення аморфної фази, що рівномірно розподілялася між зернами основного матеріалу – периклазу і стримувала розвиток процесу синтезу алюмомагнезійної шпінелі.

Показана можливість синтезу алюмомагнезійної шпінелі із використанням ШЕ. Визначені оптимальні співвідношення шихтових матеріалів, оксидів MgO та Al₂O₃ і температури шпінелеутворення.

Перелік використаних джерел

1. Вогнетривка продукція для термопереробних установок [Текст] : під. Посібник для студентів спеціальності 05130104 «Хімічні технології вогнетривких та силікатних матеріалів» для ВНЗ / Г. Д. Семченко ; Нац. техн. ун-т «Харьк. політехн. ін-т». Харків : Радуга, 2012. 172 с.

2. Семченко Г. Д. Неформовані вогнетриви. Харків: НТУ «ХП», 2007. 304 п.

3. Бондаренко А.А. Шпінель MgAl₂O₄ – сировина для високоякісної неформованих вогнетривів. Вісник Нац. Техн. ун-т «ХП» – зб. наука. праць. темат. випуск.: Хімія, хімічна технологія та екологія. Харків: НТУ «ХП», 2006. 30, с. 180–184.

4. Ide, K. Expansion behavior of alumina-magnesia castables [Text] / K. Ide, T. Suzuki, K. Asano et al. *Journal of the Technical Association of Refractories*. Japan, 2005. Vol. 25, № 3. P. 202–208.

5. Yang, Z. X. Effects of Spinel Formation in Al₂O₃ – MgO Refractory Castables / Z. X. Yang, S. H. Youn, J. J. Kim et al. // *UNITECR*. 2005. P. 129–133.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-35>

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF THE METAL BREAKS UNDER THE MOULD DURING CONTINUOUS CASTING OF STEEL

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ПРОРИВІВ МЕТАЛУ ПІД КРИСТАЛІЗАТОРОМ ПРИ БЕЗПЕРЕРВНОМУ РОЗЛИВАННІ СТАЛІ

Sanytskii V.V.

student (group 136s-22-1m),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine

Саницький В.В.

студент гр. 136С-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна

Malii Kh.V.

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

Малій Х.В.

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

Synehin Ye.V.

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

Синегін Є.В.

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

Процес розливки сталі на МБЛЗ наразі є одним з найбільш автоматизованих процесів сталеплавильного виробництва. У той самий час виникнення незначних неконтрольованих відхилень у процесі розливання може спричинити до порушення умов формування твердої кірки в кристалізаторі і, як наслідок виникнення прориву. Такими відхиленнями можуть бути нерівномірність подачі шлакоутворюючої суміші в кристалізатор та її неоднорідний хімічний і фракційний склад, недосить точне центрування струменя металу відносно кристалізатора тощо. Це певною мірою ускладнює прогнозування аварійної ситуації і, відповідно, скорочує час на реагування для її запобігання.

Утворення проривів призводить не лише до втрат металу і зменшення продуктивності, а й до виходу з ладу обладнання зони вторинного охолодження із необхідністю його подальшої заміни.

Автоматизовані системи прогнозування виникнення проривів металу під кристалізатором почали розроблятися починаючи з часу активного освоєння безперервної розливки сталі. Більшість з них ґрунтується на показниках термопар, які встановлюють на зовнішній поверхні мідної гільзи кристалізатора [1]. Разом із зміною температури охолоджуючої води температура зовнішньої поверхні гільзи кристалізатора характеризує локальні зміни теплового потоку від поверхні заготовки. Раптова зміна показників температури однієї або декількох термопар може свідчити про зміну умов охолодження заготовки в кристалізаторі. Збільшення температури свідчить про збільшення теплового потоку внаслідок локального зменшення товщини кірки, а зменшення – про утворення між гільзою і кіркою додаткового теплового опору, наприклад газового прошарку внаслідок усадки. Останнє, в свою чергу, також може призводити до подальшого розігріву кірки і утворення прориву.

Встановлення термопар на зовнішній стінці гільзи суттєво підвищує тривалість підготовки МБЛЗ до розливання. Тому актуальною є задача прогнозування проривів металу під кристалізатором за непрямими ознаками. Для цього спершу слід визначити параметри розливання, які теоретично можуть мати вагомий вплив на утворення проривів та сигналізувати про виникнення сприятливих для їх утворення умов.

Більшість дослідників, що займалися вивченням причин утворення проривів та створенням систем щодо їх попередження схильні поділяти прориви на чотири основні групи [1]:

- 1) прориви через неправильне охолодження заготовки в кристалізаторі;
- 2) прориви через підвисання заготовки в кристалізаторі;
- 3) прориви через скупчення шлаку біля меніску;
- 4) стартові прориви.

Перелічені причини можна умовно розділити на 3 групи:

- 1) хімічний склад металу (низьке співвідношення $[Mn]:[Si]$, висока окисленість);
- 2) технологічні (невірний температурно-швидкісний режим, параметри хитання кристалізатора);
- 3) людський фактор (неточне центрування стакан-дозатора і заглибного стакана відносно кристалізатора, погана підготовка головки затравки, нерівномірне змащення гільзи, деформація гільзи при її несвоєчасній заміні).

При створенні алгоритмів з прогнозування проривів об'єктивно можна враховувати лише перші 2 групи причин. Вплив людського фактора необхідно зменшувати до мінімуму шляхом підвищення рівня культури виробництва та контролю за виробничим процесом.

Хімічний склад металу має однаково впливати на імовірність утворення проривів на всіх струмках МБЛЗ, однак найчастіше прориви відбуваються лише на одному або двох струмках, що є наслідком корегуванням режиму

розливки оператором МБЛЗ для запобігання виникнення проривів на інших струмках. Це свідчить про переважну роль саме технологічних параметрів розливки на імовірність утворення прориву.

Перелік використаних джерел

10. Prediction and Prevention System for Sticking Type Breakout in Continuous Casting / *Transactions of the Iron and Steel Institute of Japan*. 1988. Vol. 2. P. 147.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-36>

PROBABILISTIC APPROACH TO THE METHODOLOGY FOR REGULATING THE CHEMICAL COMPOSITION AND PREDICTING THE PROPERTIES OF GREY SYNTHETIC CAST IRON

ЙМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО МЕТОДОЛОГІЇ РЕГУЛЮВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ І ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СІРОГО СИНТЕТИЧНОГО ЧАВУНУ

Sirenko K.A.

*Junior Researcher, Physic-
Technological Institute of Metals
and Alloys of the National Academy
of Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine*

Сіренко К.А.

*молодший науковий співробітник,
Фізико-технологічний інститут
металів та сплавів
Національної академії наук України,
м. Київ, Україна*

Mazur V.L.

*DSc (Engineering), Chief Researcher,
Professor, Corresponding Member
of the National Academy of Sciences
of Ukraine, Physic-Technological
Institute of Metals and Alloys
of the National Academy of Sciences
of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Мазур В.Л.

*д.т.н., головний науковий
співробітник, професор,
член-кореспондент Національної
академії наук України, Фізико-
технологічний інститут металів
та сплавів Національної академії
наук України, м. Київ, Україна*

Вагомою задачею у вирішенні комплексної проблеми покращення якості литва, економії сировини і енергії при виплавленні чавуну, сталі, сплавів чорних та кольорових металів є впровадження у систему контролю і управління технологічними процесами ливарного

виробництва ефективних методик розрахунку оптимального складу шихти і коригування розплаву безпосередньо під час плавки.

Аналіз технічної літератури, присвяченої цій темі, свідчить, що питанням, пов'язаним з формулюванням математичної постановки задачі розрахунку шихти, оптимізації її складу, вибору підходів і шляхів розв'язання, створенням алгоритмів і програмного забезпечення, присвячено десятки, а може й сотні робіт. Їх результати мають суттєве значення для розвитку ливарного виробництва і металургії у цілому. Питання коригування хімічного складу розплаву чавуну безпосередньо у процесі плавки розглянуто меншою мірою. Аналіз монографій, підручників, наукових статей, дисертацій, патентів, опублікованих на зазначену тему, дозволяє зробити наступні висновки.

Майже в усіх роботах, присвячених постановці й рішенням задачі розрахунку шихти для виплавлення чавуну, сталі, сплавів, зазначається, що ця задача припускає багатоваріантні рішення. Тобто виплавити сплав заданого хімічного складу в призначеному для цього плавильному агрегаті можна з шихти, сформованої з однакових матеріалів, але при різних співвідношеннях їх відсоткового вмісту у шихті. Найкраще рішення з можливих має відповідати попередньо вибраному критерію оптимальності. У більшості опублікованих робіт за критерій оптимальності приймають мінімальну вартість шихти, а задачу оптимізації її складу вирішують методами лінійного програмування. Не виключено застосування також інших критеріїв і підходів до оптимізації складу шихти.

Суттєвий недолік відомих методів визначення складу шихти полягає в тому, що у більшості вони орієнтуються на забезпечення однієї конкретної величини відсоткового вмісту хімічних елементів у складі сплаву, що виплавляють. Найчастіше – це середні величини вмісту елементів з діапазонів, регламентованих у стандарті на продукцію, яку виготовляють. Нестабільність хімічного складу компонентів шихти у відомих методиках не враховують і ніяк не визначають. Не прогнозують розрахунками і нестабільність вмісту хімічних елементів у складі готового сплаву. У зв'язку з цим не виключені випадки, що навіть коли розраховані «в середньому» величини відсоткового вмісту елементів потрапляють у інтервали їх вмісту, визначені у стандартах чи технічних умовах на вироби, діапазони розкиду цих величин можуть виходити за межі інтервалів, регламентованих стандартами. Для позбавлення цього недоліку необхідно в методиках розрахунку шихти впроваджувати підходи, які враховують у ймовірнісному аспекті нестабільність хімічного складу шихти, а також діапазони вмісту хімічних елементів сплаву, що виплавляють [1–4].

Аналіз сучасних підходів, методології, методик і методів розрахунку шихти і регулювання хімічного складу чавуну та інших сплавів, що виплавляють, засвідчив необхідність їх подальшого розвитку на основі застосування комп'ютерного моделювання з використанням підходів, враховуючих ймовірнісний характер технологічних процесів у ливарному виробництві.

Ймовірнісний характер процесу виплавлення чавуну і виготовлення з нього литва потребує відповідного підходу до моделювання процедури розрахунку шихти і регулювання вмісту хімічних елементів у складі розплаву в печі. Розроблена і реалізована у вигляді базових алгоритму і комп'ютерної програми методологія розрахунку шихти і коригування відсоткового вмісту хімічних елементів у розплаві чавуну безпосередньо в процесі плавки, яка враховує у ймовірнісному аспекті, із застосуванням методу Монте-Карло нестабільність хімічного складу шихтових матеріалів [1–3]. Перевага запропонованого підходу перед іншими методиками полягає у можливості на будь-якій стадії моделювання процедури визначення складу шихти оцінювати результат розрахунку не тільки шляхом контролю попадання середніх величин вмісту кожного з хімічних елементів у регламентовані стандартом чи технічними умовами на чавун діапазони, а й за відповідністю очікуваних полів розкиду ймовірних величин вмісту елементів діапазонам, передбачених цими нормативними документами. Викладену методику, що передбачає застосування методу Монте-Карло, доцільно використовувати також як другий етап після, наприклад, розрахунку складу шихти методом підбору чи будь-яким іншим способом, для посилення надійності остаточного результату [4].

Враховуючи можливість кількісної залежності властивостей готових ливарних виробів від узагальнених показників хімічного складу чавуну, з якого виробу виготовлені, запропоновано використовувати в якості критеріїв оптимізації у алгоритмах і програмах розрахунку складу шихти величини вуглецевого еквівалента та ступеня евтектичності чавуну. Розроблена методологія дозволяє виявляти ефекти і закономірності, непередбачувані в рамках відомих підходів і рішень.

Перелік використаних джерел

1. Сіренко К. А., Мазур В. Л. Ідеологія коригування хімічного складу синтетичного чавуну в процесі виготовлення литва. *Метал та лиття України*. 2021. Т. 29. № 4 (327). С. 44–54.
2. Сіренко К. А. Удосконалення технології коригування хімічного складу чавуну під час плавки в індукційних тигельних печах. *Процеси лиття*. 2022. № 1 (147). С. 3–10.

3. Сіренко К. А. Розвиток методики визначення складу шихти для виплавлення чавуну в індукційних тигельних печах. *Метал та лиття України*. 2022. Т. 30. № 2 (329). С. 20–29.

4. Сіренко К. А., Мазур В. Л. Переваги та недоліки методів розрахунку шихти для виплавки синтетичного чавуну в ливарному виробництві. *Процеси лиття*. 2023. № 3 (153). С. 49–60.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-37>

BLAST FURNACE SLAG USED IN SLAG-FORMING MATERIALS FOR THE LADLE FURNACE PROCESS

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДОМЕННОГО ШЛАКУ В СКЛАДІ ТВЕРДОЇ ШЛАКОВОЇ СУМІШІ ПРИ ПОЗАПІЧНІЙ ОБРОБЦІ СТАЛІ НА УСТАНОВЦІ «КІВШ-ПІЧ»

Stepanenko D.O.

*PhD (Engineering), Head of the
Department of Physical and Chemical
Problems of Metallurgical Processes,
Iron and Steel Institute named
Z.I. Nekrasov of the National Academy
of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine*

Степаненко Д.О.

*к.т.н., завідувач відділу фізико-
хімічних проблем металургійних
процесів, Інститут чорної
металургії імені З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
м. Дніпро, Україна*

На підставі досвіду [1, 2] оцінки властивостей кінцевих доменних шлаків обґрунтовано можливість використання регенерованого доменного шлаку як часткового або повного замітника плавикового шпату у складі твердої шлакоутворюючої суміші (ТШС) при обробці сталі на установці «ківш-піч». Під регенерованим доменним шлаком мається на увазі шлак, який не містить у своєму складі сірки, що була видалена на етапі грануляції шлаку.

На підставі аналітичних та експериментальних досліджень розроблено раціональний склад твердої шлакоутворюючої суміші (умовне позначення ТШС-1) і встановлено оптимальний вміст регенерованого доменного шлаку з частковим заміщенням плавикового шпату до 80%. Передбачається, що впровадження розробленого складу ТШС в умовах сталеплавильного виробництва гарантовано забезпечить

необхідну якість сталі на етапі її обробки на установці «ківш-піч» з вмістом сірки та неметалевих включень у відповідності до вимог нормативно-технічної документації, економію вапна до 5%, за рахунок високого ступеня його засвоєння у шлаку та зниження собівартості сталі.

Як свідчать власні дослідження та аналіз літературних даних про десульфуруючу здатність шлакових розплавів, одними з головних вимог для реалізації даної функції шлаку, є гомогенність (однорідність) шлакового розплаву (тобто наявність лише рідкої фази) та оптимальне значення його основності.

На підставі виконаних досліджень температур розм'якшення, плавлення та розтікання розробленої суміші та суміші вапна з плавиковим шпатом у співвідношенні 3:1, встановлено, що суміш ТШС-1 повністю розтікається при температурі 1390°C, натомість суміш вапна з плавиковим шпатом плавиться інконгруентно, тобто спостерігається утворення рідкої фази (при 1270°C) з наявністю в ній частини твердої фази, що не розплавилася з подальшим нагрівом до температури 1390°C. Згідно із даними результатів зарубіжних досліджень фазового складу системи: 80% – CaF_2 , 20% – CaO [2] показано, що дана система при температурі 1650°C містить близько 60% не засвоєного вапна. Отже, отримані результати можуть свідчити, що традиційно використовувана суміш вапно та плавиковий шпат у співвідношенні 3:1(4:1) не здатна повністю засвоїти у розплаві вапно. В наслідок чого не реалізується потенційна десульфуруюча здатність даної суміші. Натомість, засвоєнню вапна в розплаві даної суміші сприяє збільшення її компонентності за рахунок потрапляння до її складу продуктів розкислення сталі (Al_2O_3 , SiO_2) а також залишків пічного шлаку, що потребує певного часу для їх взаємодії.

Для встановлення впливу досліджуваної суміші ТШС-1 на стійкість периклазо-вуглецевого вогнетриву (ПВВ) шлакового поясу ковша, виконано дослідження взаємодії розплаву ТШС-1 зі зразком ПВВ масою 16,6 г. Для цього у графітовий тигель помістили суміш ТШС-1 і зразок ПВВ, далі матеріали нагрівали до температури 1475°C у печі Таммана з витримкою 30 хв. при даній температурі. Після витримки рідкий розплав ТШС-1 через нижній отвір у тиглі зливали, а зразок ПВВ залишався, що забезпечувало розділ розплаву від вогнетриву. Після зважування зразка ПВВ, встановлено, що його маса збільшилась на 2%. В подальшому даний зразок вогнетриву помістили в мікум-барабан і виконали ситовий аналіз, за результатами якого встановлено що маса зразка практично не змінилася, що в свою чергу свідчить про підвищення його міцності в результаті взаємодії розплаву ТШС-1 з поверхнею зразка. Натомість при нагріві зразка ПВВ, у муфельній печі на повітрі до температури 700°C і витримці при даній температурі 30 хв., зразок втратив близько 15% від

маси після оцінки його механічної міцності в лабораторних умовах на мікум-барабані. Таким чином, взаємодія розплаву суміші ТШС-1 з периклазовуглецевим вогнетривом сприяє захисту його поверхні від окислення та зміцнює її за рахунок взаємодії і утворення гарнісажу на його поверхні.

Отже, розроблена суміш ТШС-1, що містить у своєму складі доменний шлак має економічні, технологічні та екологічні переваги перед існуючою технологією обробки сталі у агрегаті «ківш-піч» за рахунок часткового, або повного заміщення плавикового шпату у складі ТШС.

Перелік використаних джерел

1. D. Stepanenko, Calculation of activation energy of viscosity for evaluation of metallurgical slag melts structure, Lith. J. Phys. Vol 63, № 1, 330–334 (2023), <https://doi.org/10.3952/physics.2023.63.1.6>.
2. D.A. Stepanenko, O. Volkova, H.-P. Heller, P.I. Otorvin, and D.A. Chebykin, Selecting optimal slag conditions in the blast furnace, Steel Transl. 47, 610–613 (2017).
3. Dong-Geun KIM, Corrie van HOEK, Christian LIEBSKE, Sieger van der LAAN, Pierre HUDON and In-Ho JUNG. Phase Diagram Study of the CaO–CaF₂ System. ISIJ International, Vol. 52 (2012), No. 11, pp. 1945–1950.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-38>

FEATURES OF CONVERTING VANADIUM STEELMAKING IRON

ОСОБЛИВОСТІ КОНВЕРТУВАННЯ ВАНАДІЄВОГО ЧАВУНУ

Kharchuk F.L.

*student (group 136s-22-1m),
LLC “Technical university “Metinvest
polytechnic”, Zaporizhzhia, Ukraine*

Stoianov O.M.

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

Харчук Ф.Л.

*студент гр. 136С-22-1м, ТОВ
«Технічний університет «Метінвест
політехніка», м. Запоріжжя, Україна*

Стоянов О.М.

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

Ванадій – важливий для металургії легуючий елемент, який має низьку активність і відповідно має слабку спорідненість до кисню. Його активність значно нижча за активність вуглецю. З цієї причини

окислення ванадію і перехід їх у шлак можливі лише за відносно низьких температурах на початок активного окислення вуглецю. В промислових умовах застосовуються різні схеми переробки ванадієвих чавунів, наприклад дуплекс-процесом, на першій стадії якого одержують ванадієвий шлак та вуглецевий напівпродукт.

Ванадієвий чавун містить кремній – до 0,30%, титан – до 0,25%. При окисленні цих елементів зважаючи на їх значно більшу активність, ніж у вуглецю і ванадія, виділяється 946 і 935 кДж теплової енергії відповідно. Для поглинання тепловиділення та зниження температури металу при деванадації чавуну вводиться охолоджувач.

Відповідно до теоретичних положень деванадизації чавуну моделювання проводили з виходом на температуру металу не більше 1380 °С вмісту оксидів заліза в шлаку на рівні 50% [1]. В якості охолоджувача використовували: окалину, азот, твердий чавун. Джерела надходження оксидів заліза – окалина та окислення Fe чавуну.

Виконано моделювання переробки ванадієвого чавуну в ГРП конвертері за чотирма варіантами:

- 1 – плавка без проміжного скачуванням шлаку;
- 2 – плавка зі скачуванням шлаку;
- 3 – плавка зі скачуванням шлаку та залишення кінцевого шлаку під наступну плавку;
- 4 – плавка із застосуванням твердого чавуну та проміжним скачуванням шлаку.

У прибутковій частині теплового балансу плавки враховували теплоту реакцій окислення домішок чавуну та заліза. У витратній частині витрати теплоти на нагрівання окалини, азоту, твердого чавуну та тепловтрати конвертера (8%).

Розрахунок виконаний на 1000 кг чавуну. Прийняті наступні припущення: міксерний шлак відсутній; ступінь засвоєння кисню 100%; залізо окислюється до (FeO), склад твердого чавуну аналогічний рідкому чавуну; частка шлаку, що скачується після першого періоду -1,0; тепловтрати конвертера 8%.

За результатами моделювання, отримані дані щодо коефіцієнту розподілу ванадію по різних варіантам технології (див. табл. 1).

Таблиця 1

**Значення коефіцієнту розподілу ванадію
по різним варіантам технології**

№	Варіант технології	Вміст оксидів ванадію в кінцевому шлаку, %	Коефіцієнт розподілу L_v
1	Плавка без проміжного скачуванням шлаку	32,24	403,0
2	Плавка зі скачуванням шлаку	48,85	610,63
3	Плавка зі скачуванням шлаку та залишення кінцевого шлаку під наступну плавку	32,78	409,75
4	Плавка із застосуванням твердого чавуну та проміжним скачуванням шлаку	49,54	619,25

Також отримані дані температурних характеристик моделювання, так: 1 м³/т азоту, що вдується, призводить до зниження температури ванни на 2,5 °С; 1 м³/т кисню на окислення заліза підвищує температуру металу на 50,4 °С; 10 кг/т твердого чавуну призводить до зниження температури ванни на 7,4 °С; 10 кг/т окалини призводить до зниження температури ванни на 20,1 °С.

Перелік використаних джерел

1. Бойченко Б.М. Конвертерне виробництво сталі (теорія, технологія, якість сталі, конструкція агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія): Підручник / Б.М. Бойченко, В.Б. Охотський, П.С. Харлашин. Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2004. 454 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-39>

**COLD-SOLID MIXTYRE TECHNOLOGY,
HOW DOES IT AFFECT THE QUALITY OF STEEL CASTING
IN THE ENTERPRISE CONDITIONS**

**ТЕХНОЛОГІЯ ХОЛОДНО-ТВЕРДІЮЧІ СУМІШІ, ЯК ВПЛИВАЄ
НА ЯКІСТЬ СТАЛЬНОГО ЛИТТЯ В УМОВАХ ПІДПРИЄМСТВА**

Khorolska S.O.
*student (group 132-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Хорольська С.О.,
*студент гр.132-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

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

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

Використання ХТС (холодно-твердіючі суміші) – це майбутнє кожного підприємства, яке прагне вперед, яке вдосконалює свої технології виготовлення якісної поверхні та точністю розмірів, що дозволяє призначити мінімальні припуски на механічну обробку. Технологія ХТС дозволяє забезпечити високу міцність поверхні лиття, відсутність газових дефектів та засорів у виливку.

Для впровадження ХТС процесу на підприємстві необхідні вкладення. На старому обладнанні, зі старими потужностями неефективно працювати з матеріалами, які використовуються в ХТС технології. Дуже важливим є дотримання температурного режиму в цеху, залежить ефективність ливарного процесу.

Метод лиття в холодно-твердіючі суміші (ХТС) в останні роки набирає обертів, йому все частіше віддають перевагу українські ливарні виробництва. Про зростання масштабів застосування ХТС в ливарній галузі говорить той факт, що сьогодні з 600 українських ливарних підприємств – 200 працюють з ХТС-процесом. Застосування холодно-твердіючих сумішей в Україну прийшло порівняно недавно, в той час,

як в Європі і в Англії, зокрема, він вперше почав застосовуватися в 70-х роках минулого століття.

У ливарному виробництві, як і будь-якому іншому, щоб досягти співвідношення «якість продукції-вартість, витрати», необхідно змінювати підхід до технологічного процесу, треба використовувати сучасні матеріали, впроваджувати передові технології лиття. Один з них – це лиття в холодно-твердіючі суміші, як кажуть експерти галузі, – це повне управління процесом, контроль часу роботи, продуктивність та якості лиття.

Що являє собою холодно-твердіючі суміші? Це суміші, що твердіють на повітрі, в оснастці або поза її піддією газоподібних, порошкоподібних рідких затверджувачів або каталізаторів. Лиття в ХТС використовуються при виготовленні виливки будь-якої конфігурації з чорних та кольорових сплавів.

Важливою складовою ХТС можна легко адаптувати до різних вимог щодо продуктивності, якості (включаючи чистоту, розміри і масову точність, товарний вигляд, екологічних умов, кваліфікації персоналу.

Екологічність ХТС процесу досягається за рахунок повторного використання піску і смол як як сполучник.

Технологічний процес одержання виливка:

1. виготовлення моделі,
2. готування формувальних і стрижневих сумішей,
3. виготовлення стрижнів і ливарних форм,
4. зборка ливарних форм,
5. розплавлювання металу,
6. заливання металу у форми й затвердіння виливка,
7. звільнення затверділого виливка з форми,
8. обрубання й очищення лиття,
9. контроль якості виливка.

Перелік використаних джерел

1. Ливарне виробництво. Під ред. И.Б. Куманина. М., «Машинобудування», 1971. 320 с.
2. Сисоев Д. И. Застосування постійних форм для сталевих виливків.
- 3б. «Передова технологія ливарного виробництва». Київ, Машгиз, 1958.
3. Чому ливарники вибирають ХТС-процес. URL: <https://ukrfavorit.com.ua/chomu-livarniki-vibirayut-hts-protses/>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-40>

**CRYSTALLOGRAPHIC FEATURES OF $\alpha \rightarrow \gamma$
RECRYSTALLIZATION OF FERRITE ALLOYS DURING
CARBURIZATION**

**КРИСТАЛОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ $\alpha \rightarrow \gamma$
ПЕРЕКРИСТАЛІЗАЦІЇ ФЕРИТНИХ СПЛАВІВ ЗАЛІЗА
ПРИ НАВУГЛЕЦЮВАННІ**

Chornoivanenko K.O.

*PhD (Engineering),
Associate Professor, Ukrainian State
University of Science and Technologies,
Dnipro, Ukraine*

Чорноіваненко К.О.

*к.т.н., доцент,
Український державний університет
науки і технологій,
м. Дніпро, Україна*

Movchan K.O.

*PhD (Engineering),
Associate Professor, Ukrainian State
University of Science and Technologies,
Dnipro, Ukraine*

Мовчан К.О.

*к.т.н., доцент,
Український державний університет
науки і технологій,
м. Дніпро, Україна*

На даний час опубліковано велику кількість робіт, пов'язаних з фазовими та структурними перетвореннями при науглецюванні феритних сплавів Fe-Me [1...4]. В роботі [4] показано, що за певних умов процесу науглецювання плоский фронт $\alpha \rightarrow \gamma$ поліморфного перетворення (PI phase interface) стає нестійким. Він трансформується спочатку в комірчастий (рис. 1 а, б), а потім в дендритний (рис. 1 в). Стійкість плоского ПІ була проаналізована з використанням відомого методу збурень Mullins & Sekerka [5]. Результати загалом відповідають подібним, отриманим при дослідженні кристалізації різних сплавів. Найбільш значущими факторами, що впливають на стійкість плоского фронту, є швидкість його просування, концентрація (мольна частка) α -стабілізатора, а також різниця між рівноважними концентраціями компонентів у фериті та аустеніті [4].

Науглецювання сплавів заліза з карбідотворюючим α -стабілізатором дозволяє отримувати матеріали, поверхневий шар яких має структуру природного композиту. Композит є аустенітною (мартенситною) матрицею, армованою волокнами або пластинами спеціальних карбідів (рис. 1 г). Пластини чи волокна орієнтовані вздовж

потокі вуглецю. Такій структурі науглецьованого шару відповідає особливий комплекс службових властивостей, зокрема висока зносостійкість. Порушення односпрямованості армуючої карбідної фази через розвиток комірчастої структури призводить до зниження або втрати необхідних характеристик.

Детальний розгляд наведених на рис. 1 а, б мікроструктур показує, що при твердофазній перекристалізації комірки РІ мають виражене кристалічне огранювання. Зростаюча γ -фаза має ГЦК решітку з сімейством щільноупакованих площин типу $\{111\}$, що мають мінімальну поверхневу енергію. Аналіз слідів обмежуючих площин, що лежать у площині шліфу, показав, що саме октаедричні площини $\{111\}$ переважно ограновують комірки РІ.

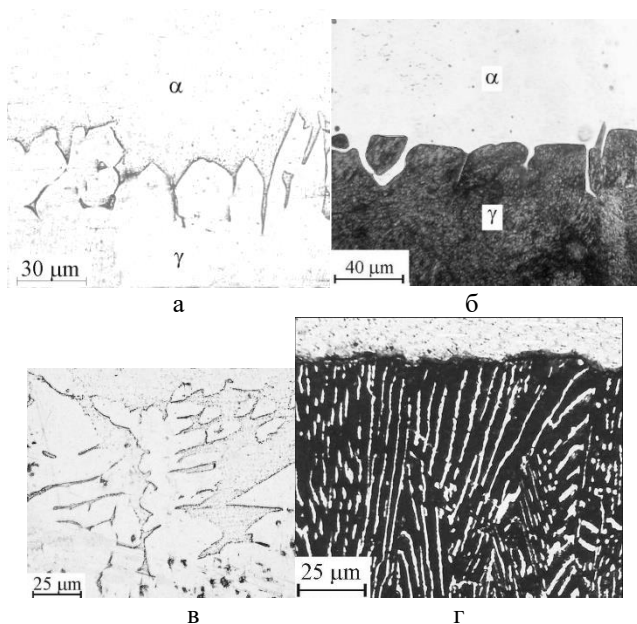


Рис. 1. Структура РІ сплаву Fe-25%Cr-0,027%Si при науглецьованні

Морфологія комірок залежить від кристалографічного напрямку зростання γ -фази. Зазвичай це один із простих напрямків, що збігається з аксіальною структурою науглецьованого шару. Якщо цей напрямок

близький до $\langle 100 \rangle$, то форма комірки наближається до чотирикутної піраміди з площиною $\{100\}$ в основі. Бічні грані збігаються з площинами $\{111\}$ ГЦК решітки γ -фази. У площині шліфу, таким чином, кут при вершині комірки змінюється від 70° (кут між площинами $\{111\}$) до 90° (якщо перетин проходить через бічні ребра піраміди $\langle 110 \rangle$). Відповідна мікроструктура представлена на рис. 1 а.

У випадку, коли напрям зростання наближається до $\langle 111 \rangle$, площина $\{111\}$ орієнтована переважно паралельно РІ. Тоді комірка має плосковершинну морфологію. В іншому випадку різко зростає капілярний тиск у γ -фазі на вершині комірки. Це призводить до зменшення рівноважної концентрації Ме на РІ та необхідності дифузійного перенесення Ме вздовж фронту. Бічні поверхні комірок також ограновані площинами $\{111\}$, а самі комірки є похилою призмою (рис. 1 б).

З одного зерна α -фази можуть зростати два і більше стовпчастих кристала γ -фази. Отже, кристалічні решітки вихідної і зростаючої γ -фаз орієнтовані відносно один одного випадковим чином. В ОЦК решітці вихідної α -фази площинами найменшої енергії є сімейство площин $\{110\}$. Якщо одна з обмежувальних площин $\{111\}$ зростаючої γ -фази виявляється паралельною $\{110\}$ α -фази, сумарна енергія РІ різко знижується. При цьому збільшується швидкість зростання цієї грані. Зростання обмежувальної площини відбувається з максимальною швидкістю, якщо $\{111\}\gamma$ і $\{110\}\alpha$ взаємно орієнтовані за одним із варіантів орієнтаційного співвідношення Курдюмова – Закса, наприклад, $(111)\gamma \parallel (011)\alpha$, $[10-1]\gamma \parallel [1-11]\alpha$. Збільшення швидкості зростання однієї з площин, що ограновують призводить до того, що структура РІ стає подібною до видманштеттової.

Таким чином, проведено дослідження стаціонарної $\alpha \rightarrow \gamma$ перекристалізації при ізотермічному науглецюванні феритного сплаву заліза з комірчастою структурою міжфазної границі. Детальне вивчення мікроструктури фронту трансформації показує, що комірки РІ мають виражену кристалічну ограновання під час твердофазної перекристалізації.

Перелік використаних джерел

1. Movchan O.V., Chornoivanenko K.O. Phase and Structural Transformations of High-Carbon Alloy of the Fe–V–C System During Chemical-Thermal Processing and Deformation. *Metallophysics and Advanced Technologies*, 2019. 41. No.1. pp. 251–261.

2. Бачурін А.П., Мовчан О.В., Педан Л.Г. Чотирифазна реакція $\alpha \rightarrow \gamma + M_6C + M_{23}C_6$ при науглецюванні сплавів Fe-Mo-Cr і Fe-W-Cr. *Металознавство та обробка металів*. 2001. № 1-2. с. 18-21.

3. Мовчан О.В., Черноіваненко К.О. Закономірності формування трифазного композиту при науглецюванні сплавів системи Fe-W-V-C. – *Металургійна та гірничорудна промисловість*, 2019. № 5-6. с. 76-83.

4. Movchan O.V., Chornoivanenko K.O. Analysis of the Stability of $\alpha \rightarrow \gamma$ Plane Front of Recrystallization in Ferritic Alloys During Carburization. *Metallophysics and Advanced Technologies*, 2019. 41. No.1. pp. 13-25. <https://doi.org/10.15407/mfint.41.01.0013>

5. Mullins W. W., Sekerka R.F. Stability of a planar interface during solidification of a dilute binary alloy. *J. Appl. Phys.*, 1964. № 35. P. 444-451. <https://doi.org/10.1063/1.1713333>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-41>

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF USING WASTE OF METALLURGICAL ENTERPRISES WITH THE PURPOSE OF RESOURCE AND ENERGY SAVING

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ З МЕТОЮ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Yaholnyk M.V.

PhD (Engineering),

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

Ягольник М.В.

к.т.н., доцент,

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

Fedorov R.F.

student (group 136-22-1a),

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

Федоров Р.Ф.

студент гр. 136-22-1п,

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

На сучасному ринку, конкуренція надзвичайно висока, і підприємствам необхідно постійно підвищувати ефективність

виробництва, щоб залишатися конкурентоспроможними. Серед важливих факторів, що впливають на конкурентоспроможність підприємства, є собівартість продукції. Від того, як ефективно виробник здатний керувати своєю собівартістю, залежить його прибуток та здатність існувати в умовах конкуренції. Для оптимізації витрат на виробництво в металургійній галузі, важливо детально вивчити витрати на основні матеріали та енергоресурси. Це означає аналіз кожного кроку виробничого процесу, починаючи з закупівлі сировини та закінчуючи кінцевим виготовленням продукції. За допомогою аналізу витрат, підприємство може виявити області, де можна зменшити витрати та підвищити ефективність виробництва.

Важливим етапом оптимізації собівартості продукції є вибір оптимальних видів сировини та джерел енергії. Це може включати в себе пошук дешевших альтернатив сировини, використання відновлюваних джерел енергії або покращення процесів з використанням енергії. Проведення аналізу ринку та дослідження нових технологій можуть допомогти підприємству знайти оптимальні рішення для зменшення витрат.

Використання та утилізація відходів була, є і стає зараз головною, якщо не основною проблемою металургійної галузі. Авторами був проведений аналіз металургійних відходів та побічних продуктів металургійних підприємств з метою економії ресурсів та енергії. Залізовмісні відходи чорної металургії, при відповідній їх переробці, є також додатковим місцевим джерелом сировини, використання якого дозволить зменшити гостроту дефіциту залізорудної сировини [1]. Відходи металургійних виробництв, окрім металевого заліза і його оксидів, містять значну кількість вуглецю та інших корисних компонентів (CaO , MgO , MnO , V_2O_5 та ін.).

Значна частина залізовмісних відходів представлена у вигляді пилу і шламів газоочисток. Масова частка заліза в них становить від 40 до 72%, що свідчить про їх високу цінності як металургійної сировини. Однак ці відходи не можуть бути залучені в доменне і сталеплавильне виробництво без попереднього огрудування. Найбільш перспективним способом утилізації пиловатих відходів вважається агломерація [2].

Агломераційний процес – можна вважати всеїдним і універсальним споживачем і місцем, де можна утилізувати практично всі відходи. Однак існують нюанси, які необхідно вивчати та уточнювати. Для цього було проаналізовано найвдаліші за останній період спроби (виконані в лабораторних умовах безпосередньо одним з авторів) по використанню відходів в агломераційному процесі.

Оцінка проведених експериментів показала, що найбільш перспективним для використання є доменно-сталеплавильні шлами. Хімічний склад використовуваних шламів був наступним: Fe – 54,2%, SiO₂ – 2,3%, CaO – 16,8%, Al₂O₃ – 0,04%, ZnO – 1,1%, MnO – 0,48%, MgO – 0,5%, Cr₂O₃ – 0,01%. Залізо в цих шламах міститься у вигляді оксидів, кількість яких змінюється від 64,7 до 78,3%. Додавання таких шламів у кількості від 4 до 12 % в аглошихту без будь-якої підготовки та спікання за класичною технологією дещо знижує техніко-економічні показники процесу.

При використанні шламів в аглошихті, після огрудкування збільшується як вміст великих гранул, так і відносний вміст пилоподібного палива. Це призводить до погіршення умов горіння палива, збільшення висоти зони високих температур, зниження максимальної температури і зниження газопроникності аглошихти під час спікання. Внаслідок цього знижується вертикальна швидкість спікання і питома продуктивність агломераційної установки, а також вихід придатного агломерату. Дослідження доказали що уникнути негативного впливу шламів при їх кількості 8–12% можна застосовуючи їх додаткову підготовку (активацію) перед використанням у аглошихті.

Таким чином, можна говорити про перспективність та актуальність використання певних відходів металургійних підприємств з метою ресурсо- та енергозбереження. Проте існує багато технологічних складнощів та завдань, які потрібно вивчити та вирішити щоб вийти на оптимальні техніко-економічні показники роботи металургійних підприємств при використанні відходів.

Перелік використаних джерел

1. Губіна В.Г., Горлицький Б.О. Залізовмісні відходи України: стан та перспективи використання. К.: Логос, 2010. 127 с.
2. Agglomeration of Iron Ores Ed.: Ram Pravesh Bhagat. CRC Press, 2019. 438 p.

CHALLENGES AND PROSPECTS FOR ENGINEERING EDUCATION TRANSFORMATION

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-42>

EFFECTIVENESS OF USING THE CASE METHOD DURING PROFESSIONALLY ORIENTED FOREIGN LANGUAGE TRAINING OF FUTURE ENGINEERS

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КЕЙС-МЕТОДУ ПІД ЧАС ПРОФЕСІЙНО ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ

Burkovska O.Y.

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

Бурковська О.Й.

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

Аналіз теоретичних ресурсів показав, що сучасний рівень міжкультурного спілкування вимагає трансформації в системі професійного навчання, що спонукає до пошуку нових ефективних технологій, які сприятимуть розвитку самостійної та активної особистості. Одним з найбільш ефективних способів організації навчання у вузі є кейс-технологія, яка сприяє розвитку навичок аналізувати й узагальнювати різні види інформації, формулювати проблему та пропонувати можливі варіанти її вирішення відповідно до встановлених критеріїв. Розглядаючи можливості застосування кейс-технології на заняттях з іноземної мови в технічному вузі, можна прийти до висновку, що кейс-метод «дозволяє наголосити на активній розумовій діяльності учнів, що вимагає для свого оформлення володіння певними мовними засобами». Сутність зазначеної технології полягає в тому, що студентам пропонують кейс-ситуацію на підставі якої формулюється та аналізується проблема, під час обговорення якої студенти пропонують свої варіанти її вирішення. Знання, вміння та навички набуваються студентами в результаті активної та творчої роботи: самостійного збору

необхідної інформації, її аналізу з різних точок зору, висування гіпотези, висновків, самоконтролю процесу здобуття знань та його результатів.

Таким чином, кейс-метод передбачає самостійну іншомовну діяльність учнів у штучно створеному професійному середовищі, що дає можливість поєднати воедино теоретичну підготовку та практичні вміння, необхідні для творчої діяльності у професійній сфері. Студентам пропонується осмислити ситуації професійної діяльності, які передбачають необхідність вирішення проблеми. У процесі вирішення проблеми, студенти вимушено актуалізують необхідний для цього комплекс засвоєних знань і набутих мовних умінь та навичок. Кейс-метод дозволяє враховувати професійну підготовку студентів, а саме: уміння аналізувати в короткий термін великий обсяг інформації та приймати рішення в умовах стресу, розвиток комунікабельності, підвищення рівня володіння мовою у всіх видах мовної діяльності – аудіюванні, говорінні, читанні та письмі; інтереси студентів, вироблений стиль мислення та поведінки, що дає можливість широко використовувати його для навчання професійної мови.

Отже, кейсова технологія (метод) навчання це навчання дією. Кейс являє собою опис конкретної реальної ситуації, підготовлений за певним форматом та призначений для навчання студентів аналізу різних видів інформації, її узагальнення, навичок формулювання проблеми та вироблення можливих варіантів її вирішення відповідно до встановлених критеріїв.

Кейсова технологія включає кілька етапів:

1. введення в ситуацію;
2. поділ студентів на групи;
3. вивчення ситуації;
4. обговорення ситуації у групах, розподіл ролей усередині групи;
5. ігровий процес (аналіз ситуації, ухвалення рішення, його оформлення);
6. підбиття підсумків, аналіз діяльності груп, оцінка виконання ролей студентами;
7. розбір оптимального варіанта;
8. спільна дискусія.

Таким чином, засвоєння знань та формування умінь у процесі кейс-методу є результатом активної самостійної діяльності студентів з розв'язання протиріч, внаслідок чого і відбувається творче оволодіння професійними знаннями, навичками, вміннями та розвиток розумових здібностей. У навчанні із застосуванням кейс-методу зона найближчого розвитку студентів розширюється до області проблемних ситуацій –

області, за якої перехід від незнання до знання перестає бути для студентів основним, він стає природною ланкою, зоною його активного розвитку.

Кейси зазвичай підготовлені у письмовій формі та складені, виходячи з досвіду реальних людей. Завдяки високій концентрації ролей у кейсах, дана технологія близька до ігрових методів та проблемного навчання, де безпосередньо йде формування міжкультурної мовної комунікативної компетенції на заняттях з іноземної мови.

Актуальність впровадження кейс-методу у практику вищої освіти нині зумовлено двома тенденціями:

- перша впливає із загальної спрямованості розвитку освіти, її орієнтації не тільки на отримання конкретних знань, а й на формування компетентностей, умінь та навичок мисленнєвої діяльності, розвиток здібностей особистості, серед яких особлива увага приділяється здатності до навчання, уміння переробляти величезну кількість інформації;

- друга впливає з розвитку вимог до якості спеціаліста, який повинен мати здатність до оптимальної поведінки в різних ситуаціях, бути здатним до співпраці, вміти приймати відповідальні рішення в ситуації вибору, відрізнятися системністю та ефективністю дій в умовах безперервних змін у суспільній, професійній та інших сферах життя.

Метод кейсів має широко використовуватися під час мовної підготовки фахівців будь-якого профілю: інженерів, лікарів, фізиків, біологів, економістів, психологів, тощо. Це зрозуміло, адже мовна підготовка майбутніх спеціалістів має бути спрямована на розвиток не лише загальних комунікативних компетенцій, а й професійно орієнтованих мовних компетенцій. Метод *casestudy* дає студентам можливість виробити та розвинути компетенції, необхідні для їхньої професійної діяльності: удосконалювати навички аналізу, синтезу, прийняття рішень у стандартних та нестандартних ситуаціях; працювати в команді, розвиваючи навички співпраці; здійснювати пошук та аналіз інформації, необхідної для виконання поставлених завдань; робити звіти; виступати зі своїми рішеннями перед аудиторією; вміти правильно планувати свій час, щоб укластися в часові рамки, визначені сценарієм кейсу. Вважається, що найдоцільніше застосовувати цей метод, коли студенти вивчають іноземну мову для спеціальних цілей. На цьому рівні студенти вже мають достатній обсяг професійних знань і можуть вивчити ситуацію більш компетентно. Використання кейс-методу надає студентам можливість виявити свої професійні знання на практиці. Крім того, відбувається оволодіння новою лексикою, ідіомами, синтаксичними структурами.

Перелік використаних джерел

1. Shevchenko O. Role of science and education for sustainable development. Monograph / Publishing House of University of Technology, Katowice, 2021. V. 44. P. 242-246.
2. Пампура С.Ю., Бурковська О.Й. Використання методу кейсів у професійно орієнтованому навчанні іноземних мов. *Viae Educationis: Studies of Education and Didactics*, 2022. Vol. 1, No. 1, P. 117-124.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-43>

**DIGITALIZATION OF EDUCATION
AS A FACTOR OF MODERN EDUCATION DEVELOPMENT****ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ ОСВІТИ
ЯК ЧИННИК СУЧАСНОГО РОЗВИТКУ ОСВІТИ****Varekh N.V.**

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

Варех Н.В.

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

В дійсний час Інформаційні Комп'ютерні Технології (ІКТ) займають найважливіше місце у сучасній системі освіти. ІКТ використовуються як для підготовки спеціалістів освітнього рівня бакалавр, так і для підготовки магістрів. Нині підготовка студентів технічного спрямування, тобто майбутніх інженерів, у системі освіти базується на врахуванні вимог різноманітних стандартів. Основа взаємодії та сполучення цих стандартів – це професійна компетентність майбутнього інженера. ІКТ компетентність є однією з ключових складових і обов'язків майбутнього інженера. Під ІКТ компетентністю майбутніх інженерів враховується їх здатність на основі набутих у процесі підготовки інженера знань, умінь і досвіду діяльності, вирішувати професійні завдання та проблеми використовуючи сучасні інформаційні технології. Майбутній інженер на основі цифрової грамотності повинен бути готовий до використання ІКТ з урахуванням специфіки сфери професійної діяльності.

Проблема формування ІКТ компетентності майбутніх інженерів створюється під час навчання в університеті. ІКТ та підтверджується досить високим рівнем знань та вмінь студентів у галузі інформатики, які можуть бути затребувані при використанні ІКТ у майбутній професійній діяльності. Важливість та необхідність формування ІКТ компетентності у майбутніх інженерів, висловлена роботодавцями та викладачами університету.

Для підготовки майбутніх інженерів потрібно використовувати модель формування ІКТ компетентності студентів університету. Ця модель повинна включати наступні блоки: теоретичні, цільові, змістовні, та для майбутніх магістрів науково-дослідницькі блоки. В основу теоретичного блоку покладені теоретичні основи формування ІКТ компетентності майбутніх інженерів та використовуються такі підходи, як системно-діяльнісний, особистісний, інтегративний. Для формування ІКТ компетентності магістрів використовуються наступні підходи – фундаментальний, дослідницький, науковий та системний. В основі кожного з блоків повинна бути інтегрована мета формування ІКТ компетентності студентів технічного університету. Також кожен блок повинен включати компоненти ІКТ компетентності такі як мотиваційний, інженерний, дослідницький, та повинен складатись з наступних етапів їх формування. Це такі як мотиваційний, базовий, узагальнюючий та інші. Основу блоків складають педагогічні умови формування ІКТ компетентності студентів університету, активні та інтерактивні методи, цифрові форми навчання.

Для ефективного формування ІКТ компетентності студентів університету необхідно враховувати міжпредметну інтеграцію та умови діджиталізації освіти. Діджиталізація, як вища форма інтеграції змісту освіти, є основою для відбору міждисциплінарних курсів, які спрямовані на розвиток ІКТ компетентності студентів. Головними умовами діджиталізації освіти є цифрове покоління студентів; створення законодавчої бази для діджиталізації освіти; ресурсне забезпечення цифрового навчання, навчання кадрового потенціалу цифровій освіті володіння ІКТ.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-44>

**ABOUT FORMING THE GRAMMATICAL COMPETENCE
PROBLEMS OF ENGINEERING EDUCATION STUDENTS
IN THE PROCESS OF STUDYING THE BUSINESS
AND ACADEMIC UKRAINIAN**

**ДО ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ГРАМАТИЧНОЇ
КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ
В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ДІЛОВОЇ
ТА НАУКОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ**

Dvoriankin V.O.

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

Дворянкін В.О.

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

Вільне володіння українською мовою як державною – одна з вимог будь-якої освітньої програми вітчизняного закладу вищої освіти. У зв'язку з цим актуальним є використання інноваційних технологій навчання української мови студентів різних напрямів фахової підготовки (див.: [1–8]).

Розглянемо нижче низку вправ для формування граматичної компетентності здобувачів інженерних спеціальностей під час засвоєння дисципліни «Ділова та наукова українська мова». Зауважимо, що студентам у процесі виконання завдань слід застосовувати правила Українського правопису 2019 року [9].

1. Поставте подані іменники в родовому відмінку однини, урахуовуючи, що окремі іменники мають варіантні закінчення, а в деяких іменниках зміна закінчення передає значення слова.

Азот, Амстердам, аналіз, алюміній, акт, апарат, атом, блок, бор, булат, вал, електрокар, елемент, імейл, інстаграм, інструмент, інтеграл, кисень, кілограм, коефіцієнт, комп'ютер, коридор, Лондон, Мадрид, мільйон, Париж, портал, потяг, рахунок, стіл, телеграм, телефон, університет, фейсбук, феномен, циліндр, Чорнобиль, шаблон, ютуб.

Після утворення відповідних форм слів рекомендуємо викладачеві використати на занятті рольову гру як інтерактивний метод навчання. Так, студенти повинні підготувати діалоги, які відображали б їх

спілкування з майбутніми роботодавцями в офісі або з колегами під час профільних науково-практичних конференцій. Для якісного опанування програмового матеріалу треба вжити в уявних діалогах форми родового відмінка однини від поданих вище іменників (п'ять прикладів на вибір).

2. Розкрийте дужки й запишіть іменники у формі місцевого відмінка однини з усіма можливими закінченнями. Використайте два приклади (з одним із варіантних закінчень на вибір) у процесі складання ділового листа (листа-подяки, листа-прохання, листа-вибачення, листа-запрошення, листа-повідомлення (на вибір)).

У (потяг), по (Дніпро), на (батько), при (професор), на (торг), по (місто), по (озеро), на (студент), при (носій), на (читач), при (прем'єр-міністр), на (лід), у (ліс), у (край), по (обличчя), при (співробітник), при (капітан), на (викладач), на (товариш).

Примітка. Виконуючи завдання, студенти повинні з'ясувати, чи можуть мати деякі іменники паралельні закінчення залежно від місця наголосу в слові.

3. Утворіть усі можливі форми кличного відмінка однини від поданих слів та використайте два приклади (на вибір) під час складання уявного діалогу для службової телефонної розмови.

Пан інженер, колега Ігор, Наталія Іванівна, Наталя Кирилівна, колега Лазар Лящук, пан Коваль, пані Коваль, пан професор, пані професорка, колега Петро Кващук, Олег Андрійович, пан абонент, пан споживач, пан Шевченко, пані Шевченко, пані Любов, пані Юлія, пан Юлій, пані Зоя, пан завідувач, пані завідувачка, Михайло Васильович, Ілля Ілліч, побратим Лев, Фрідріх, лікар, тато, робітник, Київ, друг Костенко, Назар Ігорьович, пан Ковалів, пан Гринчишин, пані Гринчишин.

4. Визначте, на які питання відповідають залежні граматичні форми, якими керують подані дієслова. Утворіть словосполучення. Складіть із п'ятьма словосполученнями (на вибір) речення для подальшого використання їх у науковій доповіді під час студентської конференції або захисту курсової роботи.

Адресувати, дорівнювати, досягати, запобігати, заслужувати, набувати, навчатися, наголошувати, нехтувати, оволодіти, опанувати, освоїти, очікувати, переважати, підлягати, поступатися, потребувати, призводити, припускатися, присвячувати, сподіватися, спричинити, стежити, стосуватися, торкатися, тяжіти, уникати.

Продуктивною вважаємо роботу з науковими текстами. Наприклад, корисним для студентів є редагування уривків з авторефератів дисертацій відповідного фаху. Виконання завдань цього типу сприяє

якісному вивченню особливостей вступної та висновкової частин у структурі академічного тексту, рамкових і ситуативних кліше тощо.

Отже, розглянуті вправи дають змогу здобувачам вищої освіти, зокрема нефілологічної, сформувати морфологічну й синтаксичну компетентності під час студіювання ділової та наукової української мови. Чітке дотримання граматичних норм є одним із важливих джерел правильного усного й писемного мовлення.

Перелік використаних джерел

1. Гаценко І. О. Основні аспекти викладання дисципліни «Фахова українська мова» для студентів технічних спеціальностей. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Філологія. Соціальні комунікації*. Т. 31 (70), ч. 1. № 4. Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2020. С. 18–22. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-6069/2020.4-1/04> (дата звернення: 25.09.2023).

2. Кульбабська Ю. В. Проблеми викладання курсу «Українська мова професійного спрямування» у ВНЗ України. *Наукові записки НаУКМА*. 2005. Т. 47: Педагогічні, психологічні науки та соціальна робота. С. 36–38. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8b1a0f74-952f-4151-b98b-e2995d4854c/content> (дата звернення: 25.09.2023).

3. Підгурська В., Голубовська І. Формування культури наукової мови студентів у процесі вивчення дисципліни «Українська мова (за професійним спрямуванням)». *Український педагогічний журнал*. 2019. № 2. С. 100–105. URL: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2019-2-100-105> (дата звернення: 25.09.2023).

4. Поздрань Ю. В., Зозуля І. Є., Франчук Н. Л. Сучасні тенденції в методиці викладання української мови за професійним спрямуванням. *Закарпатські філологічні студії*. 2020. Вип. 13, т. 1. С. 94–98. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/32573> (дата звернення: 25.09.2023).

5. Полякова І. Використання сучасних технологій у процесі викладання української мови в закладах вищої освіти. *Теорія і методика професійної освіти*. 2018. Вип. 15. URL: <https://jrnls.ivet.edu.ua/index.php/3/article/view/531/525> (дата звернення: 25.09.2023).

6. Семак Л. А. Комунікативний підхід до викладання ділової української мови в закладі вищої освіти. *Академічні студії. Серія: Гуманітарні науки*. 2023. Вип. 1. С. 40–45. URL: DOI <https://doi.org/10.52726/as.humanities/2023.1.6> (дата звернення: 25.09.2023).

7. Семак Л. А. Сучасні технології навчання ділової української мови в аграрних закладах вищої освіти. *Академічні студії. Серія : Гуманітарні науки*. 2021. Вип. 4. С. 33–39. URL: <https://doi.org/10.52726/as.humanities/2021.4.6> (дата звернення: 25.09.2023).

8. Толочко С. В., Хомич В. І. Інноваційні технології в методиці викладання української мови за професійним спрямуванням в аграрних вищих навчальних закладах. *Наукові записки Ніжинського державного університету імені М. Гоголя. Серія : Психолого-педагогічні науки* / за заг. ред. проф. Є. І. Коваленко. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. № 2. С. 119–125. URL: <http://lib.ndu.edu.ua/dspace/handle/123456789/1067> (дата звернення: 25.09.2023).

9. Український правопис / НАН України, Ін-т мовознавства ім. О. О. Потебні ; Ін-т української мови ; Український мовно-інформаційний фонд. Київ : Наук. думка, 2019. 392 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-45>

COMMUNICATIVE APPROACH IN LEARNING A FOREIGN LANGUAGE

КОМУНІКАТИВНИЙ ПІДХІД У НАВЧАННІ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ

Dovhal I.A.
Senior Teacher,
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine

Довгаль І.А.
старший викладач,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна

A person with an engineering education is involved in all processes of creating and maintaining technical devices. It also includes research, design, construction, production, adjustment, commissioning of technical facilities and much more. Specialists in the field of engineering education will always be in demand. Modern devices and various technologies appear every day. European companies aim to cooperate with Ukrainian specialists. Therefore, learning a foreign language is of particular importance today.

According to modern methodological principles, the main emphasis in teaching foreign languages should be on person-oriented and communicative approaches. The term «approach» means a learning strategy. A person-

oriented approach refers to teaching foreign language students in class according to a single program, but taking into account their individual and psychological characteristics.

This approach affects the development of communicative competence, which means the ability of an individual to apply knowledge of language in concrete communication, ways of interacting with surrounding and distant people and events, skills of working in a group and mastering various social roles.

Educators define the following tasks and goals of a person-oriented approach: filling the gaps in the student's initial level of mastery of a foreign language and timely elimination of a new lag, if it appears; the development of the student's intellectual outlook, mental processes and personality qualities, which play a leading role in learning foreign language; activation and stimulation of the student's educational and educational activities, etc.

The listed goals and tasks can be implemented practically by using various types of individualization. The highest level of interest and success in learning a foreign language is achieved when the ratio of external and internal motivation is 70% to 30%, therefore, we are talking about the so-called motivating individualization. Motivating individualization involves taking into account the stable system of motives for students' mastery of a foreign language and the purposeful formation of new, more complex motives and types of motivation that they lack so far.

In the presence of professional motivation, the student's cognitive activity has an extensive, passionate, persistent character. Then he enjoys learning, which gives him positive emotions and a desire to work. Motivation to achieve success determines love and admiration for one's work, the learning process. Students show initiative, create a creative cognitive atmosphere around them. They demonstrate readiness for successful, productive educational and professional activities.

The goal of learning foreign languages is students' mastery of a foreign language as a means of communication. Communication is more than just the transfer of information from a speaker to a listener. The speaker is both the subject and the object of his own message. Communication is the exchange of information, which also includes the transfer of attitudes to messages from both the speaker's point of view and the listener's point of view.

When carrying out communications, the presence of «misunderstanding barriers», including semantic, stylistic, logical, phonetic barriers, should be taken into account and methods to overcome them should be mastered.

Students must learn program language material for correct use in appropriate speech situations, be able to independently select the necessary language and speech means adequate to the speaker's intention and

communicative situation. In other words, students must master communication skills and the ability to use them in communication.

During communication, students act as bearers of certain social relations that arise in one or another field of activity and are realized in communicative situations. The formation of communicative skills and abilities is possible only under the condition of creating typical situations of real communication that arise in various spheres of life and relate to various topics in the educational process.

The communicative approach also implies the implementation of language exercises, which are aimed at developing primary abilities and skills in using individual elements of the language being studied, and their purpose is to prepare the student for further language activities. Special attention should be paid to the selection of language material. This material should not be united by a specific lexical and grammatical topic. Grammatical and lexical phenomena should be repeated in the text material a sufficient number of times to enable the student to observe and generalize these phenomena. The exercise should have only one difficulty (the given lexical-grammatical form) and not have additional difficulties.

A speech act is impossible outside of a communication situation, so the teacher in class must create a certain communication situation, or a communicative-speech situation. The communicative situation includes the following factors: the circumstances of reality in which communication takes place; relations between communicators; speech intentions; implementation of the very act of communication, which creates new stimuli for speech.

To create a communicative situation, you can conduct classes with elements of a business game, round table, conference and discussion.

The business game orients students to planning personal speech behavior and predicting the behavior of the interlocutor. It provides an element of transformation of a student into a representative of a certain profession. Each player acts as part of a social environment of others and exhibits a pattern within which he can try out his own or group behavior. The ultimate goal of the business game is to practice communication skills and abilities. Thanks to the created conditional situation, in which there is casual communication with the playing of social roles, real conditions of communication are simulated.

Participants of round tables, conferences and discussions not only make messages on a certain topic, but also casually enter into the conversation, try to support it, are interested in the opinion of others, discuss different points of view, everyone seeks to express their opinion, and thus the conversation becomes casual, which actually and is the implementation of a communicative approach.

In accordance with the above, the communicative approach can be considered as a method and means of a person-oriented approach. After all, the conditions and conduct of the business game, discussions, round tables and conferences provide opportunities for individualization: the selection of speech partners and groups taking into account the commonality of their interests, variable speech tasks, the selection of speech partners taking into account their style of mastering a foreign language, distinguishing performance modes and the amount of exercises for students with different types of speech skills, etc.

1. Артемова Л.В. Педагогіка і методика вищої школи: Навч. пос. К.: Кондор, 2015. 272 с.

2. Бородіна Г.І. Комунікативно-орієнтоване навчання іноземної мови у немовному ВНЗ. *Іноземні мови*. 2005. № 2. С. 28–30.

3. Король С.В. Комунікативний підхід у навчанні мови. *Педагогічний дискурс*. 2012. №11. С. 133–136.

4. Ніколаєва С.Ю. Цілі навчання іноземних мов в аспекті компетентнісного підходу. *Іноземні мови*. 2010. № 2. С. 11–17.

5. Комуникативне викладання мови. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://uk.m.wikipedia.org/wiki/%25D0%259A%25D0%25BE%>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-46>

ORGANIZATION OF THE STUDY OF DIFFERENTIAL EQUATIONS IN DISTANCE EDUCATION

ОРГАНІЗАЦІЯ ВИВЧЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ РІВНЯНЬ ПРИ ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ

Kolesnykov S.O.

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

Колесников С.О.

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

Умови розвитку сучасної вищої школи в Україні вимагають підвищення рівня доступності студентів до навчальних матеріалів при навчанні, особливо під час дистанційного та змішаного формату навчання та забезпечення професійної орієнтація фізико-математичних дисциплін з необхідністю використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Однак тільки використання ІКТ не може бути панацеєю під час вирішення цього завдання, реальну допомогу студенту щодо будь-якої дисципліни, а особливо фізико-математичного профілю, можуть надати конкретні та невеликі за обсягом довідкові матеріали [1]. У цій роботі ми хочемо продовжити тему, розпочату в [2], про сучасні методи викладання диференціальних рівнянь для студентів у вищих навчальних закладах, і особливо зупинитися на елементах актуалізації знань, отриманих раніше при навчанні. Метою дослідження є створення науково обґрунтованої методики професійно-орієнтованого вивчення одного з розділів теорії диференціальних рівнянь для майбутніх інженерів з використанням ІКТ при різних типах навчання. У порівнянні з традиційними методами дистанційне навчання набагато гнучкіше: студенти можуть навчатися в будь-якому місці з підтримкою комп'ютера та підключенням до Інтернету; це навчання забезпечує інтерактивність, індивідуальність та групову роботу з учнями. З іншого боку, викладачі, які реалізують цей процес освіти, можуть використовувати різні типи доступних технологій, методичні програми та посібники, розроблені для вивчення та актуалізації знань, а також для відпрацювання навичок вирішення завдань та контролю засвоєння матеріалу. Так само цікаво застосування ІКТ при навчанні, коли поряд з традиційною лекцією викладач пропонує провести повторення

лекційного матеріалу на практиці у вигляді аналізу таблиць, представлених на слайд-шоу, а як самостійна робота попрацювати вдома із запропонованою програмою тренажером. Природничо-наукових та загальноінженерних дисциплін в процесі розробки методичні матеріали для викладання фізико-математичних дисциплін у вигляді таблиць, які дозволяють швидко та ефективно актуалізувати знання, отримані раніше для продовження вивчення тем. Ці ж таблиці дозволяють на практичних заняттях працювати самостійно, визначаючи тип рівняння та вибір методу його вирішення. Такі методичні прийоми покращують засвоєння матеріалу та відпрацювання навичок застосування його у вирішенні практичних завдань. Особливо це важливо у дистанційному навчанні, коли спираючись на ознаки, зазначені в таблиці, студенти будь-якої форми навчання можуть самостійно аналізувати типи рівнянь та вибирати методи їх вирішення, особливо при модульному контролі, коли час на виконання завдань суттєво обмежений. Наприклад, після викладу теоретичних основ та прийомів розв'язання диференціальних рівнянь 1-го порядку для закріплення матеріалу студентам пропонується до використання таблиця 1.

Таблиця 1

Диференціальні рівняння 1-го порядку

Назва рівняння	Як визначити тип	Як вирішувати
Рівняння з змінними, що розділяються	$y' = f_1(x) \cdot f_2(y)$	$\frac{dy}{dx} = f_1(x) \cdot f_2(y)$ $\int \frac{dy}{f_2(y)} = \int f_1(x) dx$
Однорідне рівняння	$y' = f(x, y)$, якщо $f(x, y)$ – однорідна 0-го порядку	Підстановка $y = x \cdot U(x)$
Лінійне рівняння	$y' + p(x)y = q(x)$	Підстановка Бернуллі $y = U(x) \cdot V(x)$
Рівняння Бернуллі	$y' + p(x)y = q(x)y^m$, $m \neq 1$	$y' = UV' + UV'$

Тим самим реалізується один з принципів фази фіксації досліджуваного матеріалу. Надалі щодо наступної теми «Вирішення диференціальних рівнянь вищих порядків шляхом зниження порядку» використання таблиці 1 дозволяє швидко відновити необхідні знання, бо після зниження порядку вихідного рівняння студент змушений вирішувати один з типів рівнянь першого порядку. Використання

таблиці 1 є постійно необхідним інструментом актуалізації опорних знань для досягнення остаточного результату, що безумовно сприяє кращому засвоєнню нової теми. Зазначені методи надалі впроваджуватись у навчальний процес для підвищення ефективності навчальної роботи зі студентами при дистанційному навчанні.

Перелік використаних джерел

1. Пак В.В., Носенко Ю.Л. П13. Вища математика: Підручник. ISBN 5-325-00712-2. Ж. К.: Либідь, 1996. 440 с.

2. Колесников С.О., Левандовська І.В. Здійснення якісного аналізу однієї прикладної математичної моделі під час вивчення диференціальних рівнянь першого порядку. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2013. № 3. С. 131–135.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-47>

PROGRAM OF THE DISCIPLINE ON THE ORGANIZATION OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES OF THE MASTER'S LEVEL, STUDYING IN THE DUAL FORM OF EDUCATION

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ З ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ МАГІСТЕРСЬКОГО РІВНЯ, ЯКІ НАВЧАЮТЬСЯ ЗА ДУАЛЬНОЮ ФОРМОЮ НАВЧАННЯ

Kukhar V.V.

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

Кухар В.В.

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

Providing Metinvest Holding LLC's assets with highly qualified university-educated managers and executives who specialising in the specifics of Metinvest Group's technologies and equipment and who can be effectively involved in operational processes immediately after graduation without

spending time on retraining is the key idea behind the creation of the new corporate university.

In the summer of 2022, METINVEST POLYTECHNICA TECHNICAL UNIVERSITY LLC held the first admission under state licences for bachelor's and master's degree programs, including Master's programs in technical profile in 132 «Materials science», 136 «Metallurgy», 184 «Mining», 263 «Civil security», 133 «Industrial mechanical engineering», 174 «Automation, computer-integrated technologies and robotics», 183 «Environmental protection technologies». The study is conducted in a dual form for employees of the holding's assets. Theoretical training is provided by the university's academic staff using the Microsoft Teams and Moodle online platforms in the evenings and on Saturdays, while practical experience is gained directly at the workplace.

All university students who are to become employees of industrial, mining and processing or support enterprises are involved in programmes to continuously improve and increase the holding's operational efficiency. The enterprises have implemented and developed a system of submitting proposals aimed at improving workplace facilities: machine designs, mechanisms, auxiliary equipment, technologies, logistics processes, quality management, etc. This allows employees not only to improve the operational efficiency of enterprises, the quality and competitiveness of products, but also to receive financial rewards for effective and cost-efficient design, technology and organisational proposals. Therefore, the traditional educational component for masters related to the development of research methodology was supplemented by additions to the syllabus and work programme, which allowed us to form a new discipline aimed at conducting research to achieve operational improvements. The discipline is studied together with professional educational components as a compulsory course.

It is well known that the main goals of an industrial enterprise's operational efficiency are to reduce costs, increase process productivity (in the broad sense of production, maintenance, logistics, etc.), extend the service life of equipment and tools, and improve the level of service, working conditions and environmental safety. Of course, such results are impossible without the use of scientific and technological achievements, and the holding's employees must be active participants in this process. Therefore, the course (Fig. 1) is offered as a development of corporate culture aimed at forming a creative way of thinking by mastering the methodological foundations of scientific research, creating and developing improvement proposals for specific objects that applicants (in fact, employees of the holding's enterprises) face every day at work. The course presents the process of creating a scientific product as a

methodological basis for scientific analysis and improvement of elements of industrial facilities, such as technological processes, production equipment and infrastructure. It is shown that scientific research is a powerful source of new knowledge that is transformed into the latest technologies and products of knowledge-intensive production, accelerates the growth of labour productivity and the rate of accumulation of social wealth, and contributes to the competitiveness of social production.

The course focuses on the laws of scientific knowledge, general scientific paradigms, the basics of hypothesis and theory building, methodology for developing and justifying technical and organisational solutions. In addition, the essence, principles of organisation, practical tools and problematic issues of the scientific research process are highlighted. The basic structure of the research work is described, starting from the analysis of the state of the issue, creation of a bibliographic description and ending with the writing and execution of reporting documents, as well as the procedure for submitting a proposal to the continuous improvement services. Significant attention is paid to the methodology of writing academic and scientific qualification papers – from essays to master's theses. The course covers the basics of heuristic and professional research methods, statistical processing methodology and planning a full factorial experiment. The course is intended for master's students in mining and metallurgical specialities and can also be useful for departmental managers and employees interested in creating proposals for process and equipment improvement. It is presented in fourteen topics, which, without detailing the content (due to the breadth of the subject matter), are listed below.

Topic 1. Operational activities of the enterprise. Research work for continuous improvement and enhancement of operational efficiency. The topic features: the role and value of the operational manager in the enterprise, his/her creativity and competitiveness; specific productions as systems of transformation of resources into outputs and the role of scientific and technological progress in improving production processes; the essence of methods of analysing the efficiency of the enterprise (SWOT analysis, SNW analysis), concepts and basic tools of lean manufacturing; the essence and stages of developing an operational strategy [1].



ДОСЛІДЖЕННЯ У ПРОЕКТАХ ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

АНОТАЦІЯ

Основними завданнями операційної ефективності є скорочення витрат, удосконалення технологій, зростання продуктивності процесів (у широкому сенсі – виробництва, обслуговування, логістики тощо), збільшення ресурсу роботи установлень та інструменту, покращення рівня послуг, умов праці, екологічної та цільової безпеки. Такі результати неможливі без застосування досягнень науково-технічного прогресу, активною частиною якого повинні стати співробітники Холдингу. Тому курс слід розглядати як розвиток корпоративної культури, спрямований на формування креативного способу мислення, шляхом освоєння методологічних основ та основних принципів наукових досліджень. В курсі процес створення наукового продукту подано, як методологічну основу для наукового аналізу й дослідження ефектів покращення операційної діяльності, а саме удосконалення об'єктів дослідження, якими виступають технологічні процеси, виробниче обладнання та інфраструктура. Показано, що наукові дослідження – це потужне джерело нових знань, які трансформуються в новітні технології та продукти наукоємного виробництва, прискорюють зростання продуктивності праці і темпи накопичення суспільного багатства, орієнтують підвищення конкурентоспроможності суспільного виробництва.

Дисципліна спрямована на оволодіння теоретико-методологічними основами організації та проведення наукового дослідження, розгляд закономірностей наукового пізнання, загальних наукових парадигм, основ побудови гіпотез і теорій, методології розроблення, валідації та імплементації технічних та організаційних рішень.

Практична значимість дисципліни полягає у методологічній допомозі в написанні випускної кваліфікаційної (магістерської) роботи при навчанні та наданні корисних методичних вказівок з розробки і створення нових технічних, управлінських, економіко-організаційних і безпекових рішень, які орієнтовані на покращення показників якості, операційної ефективності та можна використовувати у системі безперервного удосконалення підприємств і системі поданих пропозицій.

Курс розрахований на магістрів, які навчатимуться за технічними спеціальностями, пов'язаними з виробничими технологіями і інфраструктурою гірничо-металургійного комплексу, та буде корисним керівникам підрозділів і працівникам, задіяним у створенні пропозицій з удосконалення виробничих процесів та установлень.

Якщо Ви навчатиметеся за освітніми програмами магістерського рівня спеціальностей 132 «Матеріалознавство», 136 «Металургія», 164 «Гірництво», 263 «Цивільна безпека», 133 «Газове машинобудування», 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», тоді цей освітній компонент є обов'язковим, у випадку зацікавленості у курсі маїстри інших спеціальностей – звертайтеся за консультацією для організації вивчення курсу в якості вибраного освітнього компоненту.

Освітній рівень

МАГІСТР

Кількість кредитів

5,0
(як обов'язкова)

5,0
(як вибіркова)

Мова викладання

УКРАЇНСЬКА

Назва кафедри, яка пропонує дисципліну

КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ,
МАТЕРІАЛІЗНАВСТВА
ТА ОРГАНІЗАЦІЇ
ВІРНИЦТВА



Володимир КУХАР
доктор технічних наук, професор,
фахівець у галузі завершальних періодів
металургійного циклу (технології та устаткування
обробки матеріалів тиском), термомеханічної
обробки та комплексного управління якістю
металургічної, технологічної та екологічної безпеки

volodymyr.kukhar@mtpolytech.edu.lv

Fig. 1. Title page of the course syllabus

Topic 2. Operating system and activities of the enterprise. Topics include: enterprise operating system (concept, composition and types); composition of basic resources as input factors of operating activities; product (service) as a result of operating activities; structure and duration of the operating cycle of the enterprise; design of the operating system; break-even point [2, 3].

Topic 3. Scientific methodology for evaluating results in quality management. The topic features: quality indicators and methods of their evaluation, quality planning and its organisational support; a summary of existing quality assurance programmes (approaches of W.E. Deming («PDCA»), D. Juran («TQM»), P. Crosby («ZD»), Ishikawa («Fishbone Diagram»), W.A. Schuchart («Shewhart Chart»)); ISO 9000:9001 system of standards [4, 5].

Topic 4. Science and research in the modern world, production, and education. The topic features: research activity, its role in improving production and in higher education institutions; the system of scientific

knowledge and the system of scientific activity (theory, hypothesis, concept, scientific methods, scientific activity); theoretical and methodological principles of science; general and partial (intra- and interdisciplinary) research methods [6].

Topic 5. Organisation of scientific activity and research work in Ukraine. Specific features of the topic: classification of sciences (general classification, international and national classification, codes of specialities in education and scientific specialities, classification by UDC); financing of developments, programmes to stimulate the development of science, state science and technology policy and priority areas of science and technology development; training of scientific and scientific-pedagogical personnel in Ukraine [6].

Topic 6. Technology of scientific research. Topics include: the logic of scientific research; formulation of the topic, determination of the purpose, objectives, object and subject of research; preparation of a research report [6].

Topic 7. Bibliographic apparatus of scientific research. The topic features: compiling bibliographic descriptions for lists of references and sources; national and international standards and styles of bibliographic description (DSTU 7.1: 2006, DSTU 8302: 2015, Vancouver style, Harvard Referencing Style, AIP Style, APA Style, IEEE Style, Chicago Style); electronic search for scientific information, international and national scientometric databases and libraries [6, 7].

Topic 8. Writing scientific articles, monographs, scientific reports and communications. Specific features of the topic: types of scientific publications, printed and manuscript works, laboratory reports; presentation of scientific research, rules of publication design [6].

Topic 9. Essays, term papers and qualification papers. Topics include: sequence and conceptuality of course training for the subsequent formation of qualification work; design of works [6].

Topic 10. Master's thesis as qualification research. Specific features of the topic: selection and clarification of the topic (in terms of relevance for the holding's enterprises), selection and study of literature; development of a work plan; preparation for defence, defence at the SEC meeting [6].

Topic 11. Scientific methodology for analysing the objects of improvement (processes and equipment) and synthesising new technical solutions to improve operational performance. The topic features: the concept of heuristic methods, methods of morphological analysis, focal objects, brainstorming, control questions, algorithm for solving inventive problems, genetic algorithm (GA-method), functional and cost analysis (ABC-method) [8].

Topic 12. General concepts of measurement methods in the mining and metallurgical industry, basic measuring instruments and their characteristics.

Method features: measurements in the methods of studying forces, moments, temperatures, energy and power and technological parameters; methods of experimental study of the stress-strain state of metal and equipment; types of measurements, instruments and their accuracy; methods of mechanics of a solid deformable body; static and dynamic characteristics of instruments, methods of analogies and modelling [9].

Topic 13. Professional methods of studying processes and materials in the mining and metallurgical industry. The topic features: basics of geometric methods (moiré strips, grids, layered models); destructive and non-destructive testing; microstructural and macrostructural studies; measuring microscopes; strain gauges (mechanical, string, optical, wire strain gauges); structural hereditary methods; finite difference and finite element methods; digital tracer imaging methods (PIV method); wear assessment methods [9, 10].

Topic 14. Methodology for processing results and planning experiments. Topics include: methods of processing research data; basics of statistical processing; working with Big Data and Data Mining; building regression equations in the Data Analysis package of MS Excel; setting up a study in connection with the peculiarities of processes; mathematical planning of the experiment [9, 11].

As a result of studying the discipline, masters of technical specialities have developed a number of design and technological solutions to improve the operational efficiency of improvement facilities located at PJSC Zaporizhstal (Zaporizhzhia), PJSC Kametstal (Kamianske), mining and processing plants in Kryvyi Rih, and PJSC Pokrovske Mine Administration (Pokrovsk). These solutions include improving the rolling emulsion cleaning system, proposals for coil packaging to reduce damage during overloads, electrodes for arc furnaces, rolled steel heat treatment technologies, improving the efficiency of belt conveyors, changing the design elements of an excavator boom and bulldozer blade with adjustments to the organisation of work, etc.

Bibliography

1. Slack N., Brandon-Jones A., Burgess N. Operations Management. Pearson. 2022. 768 p.
2. Blokdyk G. Operational Efficiency Standard Requirements. 5STARCooks. 2021. 322 p.
3. Fernandes A., Tribolet J. Enterprise Operating System: the enterprise (self) governing system. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 164. p. 149–158.
4. Mauch P.D. Quality Management: Theory and Application. CRC Press. 2017. 176 p.

5. Kukhar V.V., Kurpe O.H., Prysiashnyi A.H., Khliestova O.A., Burko V.A., Balalayeva E.Yu., Yelistratova N.Yu. Improving of preventive management for flat rolling products quality indices. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1037. p. 012024.
6. George Thomas C. Research Methodology and Scientific Writing. Springer Nature. 2021. 612 p.
7. Akhmedov M.M., Xodjikarimova G.T., Boybabayev R.K., Safarova G.M. Fundamentals of Development of Creative Abilities of Students in Professional Training. *The American Journal of Applied sciences*. 2021. Vol. 3. No. 1. p. 54–57.
8. Avsec S., Šinigoj V. Proactive technical creativity: mediating and moderating effects of motivation. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 2016. 14(4), p. 540–545.
9. Kukhar V.V., Anishchenko O.S., Prysyazhny A.G. Fundamentals of experimental methods for investigating the processes of processing investigating the metal-forming processes: handbook. Mariupol: PSTU, 2019. 234 p. (in Ukrainian).
10. Huang J., Yuan Z., Shi S., Wang B., Liu C. Flow Characteristics for Two-Strand Tundish in Continuous Slab Casting Using PIV. *Metals*. 2019. Vol. 9. 239 p.
11. Dipankar D., Rajeeb D., Balas V.E. Engineering Research Methodology. Springer Nature. 2019. 105 p.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-48>

CREATIVE METHODOLOGIES IN TEACHING ENGLISH FOR HIGHER ENGINEERING EDUCATION STUDENTS

КРЕАТИВНІ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ

Ragulina N.V.

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

Рагуліна Н.В.

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

Сьогоденна конкуренція на ринку праці є дуже високою та постійно зростає і надалі. Ця тенденція вимагає цілісної трансформації освітніх

систем у ЗВО. Вивчення англійської мови має на меті озброїти здобувачів лінгвістичними компетенціями, які б змусили їх адекватно функціонувати на ринку праці та в конкретному робочому середовищі.

Наразі, викладачі іноземної мови стикаються з низкою професійних проблем, що перевершують стандартні вимоги до викладача загальної англійської мови. Вони коливаються від відсутності точних ресурсів (це пояснюється величезною складністю та високим ступенем спеціалізації, яку мають навчальні дисципліни, що робить практично неможливим знайти стандартизовані підручники, які мають ідеально відповідати мовним потребам конкретної групи здобувачів вищої освіти), до складності проектування заходів для відпрацювання всіх мовних навичок.

З іншого боку, усі освітні чинники, включно з викладачами, стикаються з іншою реальністю яка визначає загальне зміщення фокусу навчального процесу в цілому. З традиційних інформативних цілей, які стають все більш і більш застарілими через швидке цифрове підключення сучасного світу і доступності інформації, кінцева роль освіти перемістилася в бік більшої ґрунтовності на навичках підходів, заснованих на ставленні, щоб відповідати сучасним реаліям.

Цей контекст може і повинен спонукати викладачів англійської мови спеціального вжитку переглянути свою позицію та специфіку своєї діяльності. Вдаючись до креативної методології, вони можуть створювати та успішно реалізовувати заходи які компенсують брак стандартних ресурсів, одночасно забезпечуючи мотивуюче навчальне середовище. В той самий час, креативний підхід до занять з англійської мови спеціального вжитку створює умови, які дозволяють студентам розвивати особистісні та професійні навички, створювати та закріплювати погляди та переконання та відкрито їх демонструвати. Для викладачів англійської мови спеціального вжитку, креативність може бути найкращим рішенням для подолання складності викладання спеціалізованої форми лінгвістичного дискурсу, а також створення умов для виховання комунікативних навичок і формування ставлення здобувачів вищої освіти за фаховим напрямком.

Мотиваційний фактор може виявлятися у підборі навчальної програми, оформленні матеріалів, реалізації діяльності, вибір методів навчання, прийомів оцінювання.

Це дослідження є спробою розглянути проблему креативності в освітньому контексті, а точніше у сфері фахової англійської мови, яка розглядається як можливий ключ до досягнення успіху студентів у навчанні.

Система вивчення англійської мови за фаховим спрямуванням зараз зазнає значних змін та має проблеми через комплекс факторів. Одним із факторів, що має глибокий вплив на лінгвістичне засвоєння, є традиційний підхід, який багато викладачів досі використовують під час викладання англійської мови спеціального вжитку. Фактом є те, що протягом тривалого часу система процесу викладання англійської спеціального вжитку не значно перевищувала класичний підхід до вивчення мови, що заснований на розвитку мовних навичок. Окрім більш системного підходу до технічної, спеціальної лексики, процес навчання все ще значною мірою слідує моделі загального вивчення мови. Дадлі Еванс [1] один з перших, хто визнав, що викладання англійської мови спеціального вжитку вимагає особливого підходу, відмінного від загального викладання мови. Він визначив три чинники диференціації:

- англійська мова має бути пов'язана з конкретною дисципліною/сферою дослідження;
- викладачі повинні використовувати іншу методологію, ніж та, яка зазвичай використовується у викладанні мов;
- традиційний підхід до викладання англійської мови спеціального вжитку, який ігнорує необхідність іншої методології, малоімовірно буде достатнім, щоб задовольнити мовні та освітні потреби студентів які вивчають англійську мову спеціального вжитку, а отже, викладачі англійської мови спеціального вжитку повинні вдатися до більш цілісного підходу.

Для цього вони повинні знаходити та застосовувати креативні інноваційні ідеї у своїй рутині навчання з подвійною вигодою. Креативні стратегії навчання сприяють розвитку мотивації, яка є каталізатором навчання. Використання інноваційної стратегії навчання є гарячою темою сьогодення. З одного боку, багато досліджень розглядають креативність як особисту рису та інтелектуальні здібності різних індивідів, асоціюючи творчість з геніальним інтелектом [2] або зі знаннями [3].

З іншого боку, креативність та інновації стають все більш важливими для розвитку 21-го століття. Вони сприяють економічному процвітання, а також соціальному та індивідуальному добробуту та є важливими факторами для більш конкурентоспроможної та динамічної Європи. Потрібні професіонали, які володіють такими навичками, як гнучкість, критичне та креативне мислення, а не шаблонне. У цьому ракурсі поняття викладання має ключове значення для сприяння творчості та інновацій. Педагоги беруться за цілеспрямовану стратегію підвищення якості

викладання та навчання, розуміючи необхідність змінити практику та прийняти нові ідеї та технології, тому що навчання майбутніх фахівців спілкуванню іноземною мовою в спеціалізованому робочому середовищі пов'язані з взаємопов'язаним суспільством 21 століття.

Якщо однією з проблем, що перешкоджають успішному засвоєнню англійської мови спеціального вжитку під час викладання, є надмірна залежність від традиційних методик, що зосереджуються на розвитку навичок ізольованих частин мови – лексики або найчастіше граматики – тоді можливим рішенням буде звернення до творчості. Поки технічне навчальне середовище може здаватися обмеженим з точки зору сприяння творчості під час занять англійської мови через специфічний профіль, це надає безліч можливостей для викладача англійської мови. В такому випадку, можна почати із навчального плану, структурованого на мовних функціях і навичках, а не на мовних предметах і технічному змісті. Це дає змогу оволодіти сучасними та образними підходами до текстів, реалізовувати цілий ряд ситуативних дискусій, придумувати розважальні заходи відпрацювання інтегрованих навичок, призначати проєктні завдання для оцінювання учнів, використовувати величезну різноманітність онлайн-ресурсів, реалізовувати широкий спектр типів взаємодії для забезпечення співпраці студентів і їх активної участі.

Щоб вирішити проблеми викладання англійської мови спеціального вжитку та забезпечити досягнення освітніх цілей, креативність – це не просто вибір. Креативний підхід визначається як базова здатність до виживання та майбутнього успіху, особливо в контексті підготовки фахівців, які зараз готуються до майбутньої професії, який, враховуючи швидкість технологічних змін і суспільних форм спілкування, надзвичайно важко передбачити.

Розглядаючи креативність у всій освітній сфері, варто згадати відмінність між креативним навчанням та інноваційним навчанням. Перше можна визначити як будь-яке навчання, яке передбачає розуміння та нове усвідомлення, що дозволяє здобувачеві вийти за рамки уявного придбання та зосередитися на навичках мислення. Воно засноване на розширенні можливостей і концентрації студента. Інноваційне навчання, на відміну від креативного – це процес, що веде до творчого навчання, впровадження нових методів, інструментів і змісту, які можуть принести користь студентам та відкрити їх творчий потенціал.

Звертаючи увагу на вищезазначене, можна окреслити наступні методологічні можливості:

- побудова навчального плану після аналізу потреб і контрольного аналізу;

- згуртовані, послідовні, інтегровані заняття, зосереджені навколо мовних функцій;
- переважання комунікативної діяльності;
- послідовне використання технологій на всіх етапах навчального процесу;
- викладання технічної лексики лише в комунікативному контексті;
- використання граматики лише як засобу досягнення комунікативної мети;
- використання різноманітних моделей взаємодії з акцентом на спільних завданнях (групова робота, робота в парах);
- цікаві, альтернативні, проектні види оцінювання;
- інтенсивне використання автентичних матеріалів з напряду навчання студентів;
- екстраполяція спеціалізованих текстів / тем на загальні предмети спілкування;
- постійна увага до навичок особистого розвитку (наприклад, навичок усної презентації);
- постійний контакт з представниками відповідної галузі, щоб ознайомити студентів з реальними темами, пов'язаними з роботою (запрошені спікери, круглі столи, семінари, візити, відеоконференції тощо);
- використання прямих тестових завдань, щоб зробити оцінювання максимально подібним до реальних професійних ситуацій (наприклад, інтерв'ю, презентації, написання технічних звітів, дотримання усних вказівок для виконання завдання, маркування схем / діаграм, написання технічної документації, написання записів у блогах, зйомка відео тощо).

Таким чином, можна зробити висновок, що креативні методи відзначають наступний бажаний вищий рівень у модернізації стратегії навчання, для активізації всього потенціалу здібностей здобувачів вищої освіти та прагнення до незалежності і оригінальності, для конкуренції, для пошуку новизни та кращого результату у навчальному процесі задля задоволення всіх потреб в освітньому процесі та на ринку праці.

Перелік використаних джерел

1. T. Dudley-Evans, English for Specific Purposes, in R. Carter and D. Nunan (eds), Teaching English to Speakers of Other Languages, Cambridge, Cambridge University Press, 2001. 131-136 pp.

2. R.S. Albert, M.A. Runco, A history of research on creativity, in R.J. Sternberg (ed.), Handbook of creativity, New York, NY, US: Cambridge University Press, 1999. 16-31 pp.

3. R.W. Weisberg, Creativity and knowledge: A challenge to theories, in Handbook of creativity, New York, NY, US: Cambridge University Press, 1999. 226-250 pp.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-49>

THE HISTORY OF ESTABLISHMENT OF INDUSTRIAL ELECTRICAL LOCOMOTIVES ENGINEERING IN UKRAINE (1959–1968)

СТАНОВЛЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОВОЗОВУДУВАННЯ В УКРАЇНІ (1959–1968)

Ruban M.Yu.

*Manager of the Sustainable
Development and Internal
Communications Department
of JSK “Ukrzaliznytsia”, chairman
of the public organization
“Ukrainian Railway Heritage
Restoration Fund”, Kyiv, Ukraine*

Рубан М.Ю.

*менеджер
Департаменту сталого розвитку
та внутрішніх комунікацій
АТ «Укрзалізниця»; голова правління
ГО «Фонд відновлення залізничної
спадщини України»,
м. Київ, Україна*

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*

Ponomarenko V.V.

*SU “Dnieper Locomotive Depot”
of the regional branch “Prydniprovsk
zaliznytsya” of JSK “Ukrzaliznytsia”,
member of a public organization
“Ukrainian Railway Heritage
Restoration Fund”, Dnipro, Ukraine*

Пономаренко В.В.

*ВП «Дніпровське локомотивне депо»
регіональної філії «Придніпровська
залізниця» АТ «Укрзалізниця»,
член громадської організації
«Фонд відновлення залізничної
спадщини України», м. Дніпро, Україна*

Потреба зменшення експлуатаційних витрат та збільшення виконуваних обсягів робіт у середині ХХ століття обумовила активізацію

конструкторських пошуків щодо впровадження альтернативних видів тяги на промисловому транспорті шляхом створення електровозів. Широке впровадження електричної тяги у промисловості здійснювалось переважно за рахунок імпорту техніки, однак, на тлі модернізації гірничодобувних підприємств, переведення контактних мереж під'їзних колій кар'єрів на змінний струм напругою 10 кВ у СРСР післявоєнного часу був взятий курс на обмеження імпорту техніки з організацією виробництва ТРС промислового призначення на одному з підприємств СРСР. Вирішення поставленої задачі було покладено на Дніпропетровський електровозобудівний завод (далі – ДЕВЗ), який саме з того часу спеціалізується на виробництві рейкового електротранспорту промислового призначення та має потужне спеціальне конструкторсько-технологічне бюро (далі – СКТБ), колектив якого протягом 1960–1970 рр. мав досвід розробки маневрових ширококоліїних електровозів, а також унікальних вузькоколіїних електровозів, створених для експлуатації на під'їзних коліях середньоазійських гірничодобувних підприємств [1]. Оскільки сьогодні розглядається можливість імпорту тягового рухомого складу з перспективою подальшої локалізації його виробництва, існує актуальна потреба здійснення ретроспективного аналізу виробничої діяльності АТ «ДЕВЗ» в контексті можливості оновлення рейкового транспорту в Україні [2].

Отже, метою цієї наукової розвідки є аналіз обставин становлення промислового електровозобудування в Україні (на прикладі підприємства Дніпропетровський електровозобудівний завод).

Постановою Ради Міністрів Української РСР № 1040 від 7 серпня 1958 р. було затверджено організувати виробництво промислових електровозів на Дніпропетровському паровозоремонтному заводі, а вже 13 листопада 1958 р. Розпорядженням Дніпропетровської Ради народного господарства № 862-Р підприємство було реорганізовано в Дніпропетровський електровозобудівний завод (ДЕВЗ). Передбачалось починаючи з 1959 р. забезпечити обсяг виробництва електровозів та запасних частин до них з подальшим доведенням потужностей до 1965 р. – 200 локомотивів на рік [3]. У 1959 р. на базі конструкторського відділу заводу було створене Спеціальне конструкторське бюро по промисловим електровозам (далі – СКБ) ДЕВЗ [4, с. 122].

У 1959 р. під керівництвом оперативної групи ВНДІ електромеханіки на ДЕВЗі розпочалось проектування перших у СРСР чотиривісних промислових електровозів однофазного струму високої напруги промислової частоти потужністю 10 кВт, призначених для роботи на коліях відкритих гірничих розробок та підприємств [4, с. 123]. Запропонована

схема живлення дозволила отримати локомотиви з покращеними тяговими характеристиками, а саме – більшою зчіпною вагою у порівнянні з локомотивами постійного струму, а також зменшити вартість приладів електропостачання при електрифікації колій промислових підприємств. Розробка проекту була завершена наприкінці 1959 р., утім будівництво дослідних зразків стримувалось внаслідок відсутності обладнання з суміжних підприємств. У 1960 р. розпочалось будівництво кузовів перших електровозів (на той час їх питома вага у загальній виробничій програмі складала лише 20%). Під час освоєння нової продукції виникали технологічні складнощі, зокрема, рами візків після повного зварювання відправлялися для термічної обробки на завод металургійного обладнання, а звідти – на завод важких пресів для подальшого доведення, і лише потім повертались для остаточного монтажу [4, с. 123]. У грудні 1960 р. ДЕВЗ отримав силові трансформатори, і незабаром були завершені перші 2 дослідні локомотиви, які отримали позначення серії Д100. Електровоз мав зчіпну масу 100 т, силу тяги 16,3 тс та швидкість 29,9 км/год при годинному режимі, а при тривалому – 10,9 тс та 35 км/год відповідно. Конструкційна швидкість складала 70 км/год, а мінімальний радіус проходження кривих – 75 м [4, с. 124]. Порядок присвоєння найменування серій здійснювався з огляду на зчіпну масу локомотива. Перші випробування дослідного зразка були проведені на під'їзних коліях ДМЗ імені Петровського, які підходили до ДЕВЗа, а незабаром локомотив був спрямований на станцію Горяїнове Придніпровської залізниці, звідки прибув на випробувальний полігон Дніпропетровського інституту інженерів транспорту. Навесні 1961 р. обидва електровози були передані до Докучаєвського рудоуправління. Після проведення ґрунтовних випробувань конструкція локомотива була суттєво перероблена. Подальше будівництво здійснювалось за оновленим проектом, який отримав серійне позначення Д100М (модернізовані). Електровоз Д100М мав зчіпну масу 100 т, силу тяги 16,4 тс та швидкість 31,0 км/год при годинному режимі, а при тривалому – 12,7 тс та 32,7 км/год відповідно. Конструкційна швидкість складала 70 км/год. Під час виробництва електровозів серії Д100М ДЕВЗ вносив до зміни їх конструкції. Загалом протягом 1962–1963 рр. за оновленим проектом було виготовлено 51 електровоз Д100М, які надійшли для роботи на коліях вугледобувних підприємств [4, с. 126–127].

На початку 1960-х рр. конструктори ДЕВЗа здійснювали опрацювання проектів маневрових електровозів, обладнаних дизель-генераторними установками для роботи на станціях, які мали неелектрифіковані малодіяльні колії. Незабаром за пропозицією Головного управління локомотивного господарства МПС СРСР було

прийнято рішення щодо початку виробництва маневрових електровозів однофазного струму напругою 25 кВ для магістральних залізниць СРСР. В якості проміжного типу був запропонований варіант чотиривісного маневрового локомотива на базі електровоза Д100М з ігнітронним випрямовувачем. Перший електровоз нової серії Д92 (згодом – ВЛ41) був побудований у 1963 р. У нового локомотива була збільшена сила тяги (при годинному режимі на 1,1 тс та 2,2 тс – при тривалому) й швидкість на 3,7 км/год та 3,8 км/год відповідно. Маса електровоза складала 92 т. Первісна конструкційна швидкість складала 100 км/год, а сила тяги при цій швидкості – 2,5 тс [5, с. 217]. В Україні електровози серії ВЛ41 надходили на Одесько-Кишинівську залізницю. Однак локомотиви виявилися погано пристосовані для станційної маневрової роботи: мали недостатню зчіпну вагу, високе навантаження на колію, малу силу тяги і швидкість, а також, за відсутності контактного проводу над окремими запасними коліями станцій, були обмежені для застосування при вивізній роботі [4, с. 131].

Унаслідок складності експлуатації електровозів ВЛ41 на магістральних залізницях СРСР ДЕВЗ повернувся до випуску промислових електровозів змінного струму з номінальною напругою контактної мережі 10 кВт, створивши наприкінці 1964 р. у рамках продовження серії (Д100, Д100М, Д92/ВЛ41) дослідний електровоз Д94-001, який відрізнявся від ВЛ41 збільшенням загальної довжини, розташуванням обладнання в кузові, напругою первинної обмотки трансформатора та наявністю бокових струмоприймачів. Маса електровоза серії Д94 складала 94 т. При годинному режимі він розвивав силу тяги 19,3 тс та швидкість 31,5 км/год, при тривалому – відповідно 18,1 тс та 30 км/год. Конструкційна швидкість дорівнювала 85 км/год, мінімальний радіус проходження кривих – 80 м. Оскільки електровози Д94 були розраховані для робіт на відкритих гірських розробках, на них були встановлені ще два бічні струмоприймачі [4, с. 131]. Дані локомотиви надходили для експлуатації на коліях сибірських промислових підприємств. Як зазначали О. Шатовський та Г. Волнянський: *«Сибірські морози, кар’єрна запиленість, наявність пересувних колій, підйоми до 38 тисячних, криві радіусом 100 метрів – в таких умовах роботи дніпропетровські електровози зарекомендували себе витривалими, безвідмовними»* [4, с. 132]. У той же час ДЕВЗ приступив до розробки технологічно досконалішого рухомого складу підвищеної сили тяги – тягових агрегатів, які складалися з електровоза керування, а також декількох моторвагонів-думпкарів, обладнаних аналогічними тяговими двигунами. Вже в 1968 р. було виготовлено

останні 9 електровозів Д94, загалом же протягом 1964–1968 рр. було побудовано 69 електровозів цієї серії [4, с. 133].

Отже, з метою забезпечення інноваційним високотехнологічним електротранспортом підприємств радянської промисловості протягом 1959–1968 рр. колектив ДЕВЗу здійснив розробку низки проектів та освоїв виробництво унікальних зразків вітчизняних промислових електровозів серій Д100, Д100М, ВЛ41 (Д92) та Д94, призначених для експлуатації на відкритих гірничих розробках та електрифікованих під'їзних коліях високою напругою 10 кВ. Набутий досвід виробництва дозволив заводу в стислі терміни перейти до розробки досконалішого рухомого складу підвищеної сили тяги – тягових агрегатів, з освоєнням серійного виробництва яких, імпорт спеціалізованої техніки для гірничодобувної промисловості був суттєво зменшений. Саме ДЕВЗ протягом 1958–1968 рр. започаткував виробництво техніки, необхідної для розвитку та функціонування радянської гірничодобувної, енергетичної та металургійної галузей, яка експлуатується дотепер.

Перелік використаних джерел

1. Ruban M., Ponomarenko V. The development and construction of narrow-gauge locomotives at the Dnipropetrovsk electric locomotive plant (1969 – 1991). *Дослідження з історії і філософії науки і техніки*. Дніпро: ДНУ імені О. Гончара, 2020. № 29 (2). С. 100–110.
2. Рубан М.Ю. Історичний досвід діяльності та перспективи корпоратизації Дніпровського електровозобудівного заводу. *Історія народного господарства та економічної думки України*. Київ, 2021. № 54. С. 118–135.
3. Державний архів Дніпропетровської області. Ф. Р-4593. Оп. 1. Спр. 2. Арк. 153–154.
4. Рубан М.Ю., Пономаренко В.В. До історії становлення електровозобудування в Україні: розробка та виробництво промислових локомотивів на Дніпропетровському заводі (1959 – 1968). *Наука та наукознавство: міжнародний науковий журнал*. Київ: Інститут досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки імені Г.М. Доброва НАН України, 2021. № 2 (112). С. 117–136.
5. Ruban M.Y., Ponomarenko V. Development and construction of shunting electric locomotives at Dnipropetrovsk electric locomotives plant (1960's – 1970's). *History of science and technology*. Kyiv: SUIT, 2021. Volume 11. Issue 1. P. 212–232.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-50>

IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE FORMATS OF ENGINEERING EDUCATION

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ФОРМАТІВ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ

Khara M.V.

*PhD (Engineering),
Professor, SHEI "Priazovskyi State
Technical University", Dnipro, Ukraine*

Хара М.В.

*к.т.н., доцент, ДВНЗ «Приазовський
державний технічний університет»,
м. Дніпро, Україна*

Maslak G.V.

*PhD (Engineering), Associate
Professor, SHEI "Priazovskyi State
Technical University", Dnipro, Ukraine*

Маслак Г.В.

*к.т.н., доцент, ДВНЗ «Приазовський
державний технічний університет»,
м. Дніпро, Україна*

Zhurba E.V.

*student (group AT-23),
SHEI "Priazovskyi State Technical
University", Dnipro, Ukraine*

Журба Е.В.

*студент гр. АТ-23, ДВНЗ
«Приазовський державний технічний
університет», м. Дніпро, Україна*

Boglaeva T.B.

*student (group PT-23),
SHEI "Priazovskyi State Technical
University", Dnipro, Ukraine*

Богласва Т.Б.

*студентка гр. ПТ-23, ДВНЗ
«Приазовський державний технічний
університет», м. Дніпро, Україна*

З кожним новим днем людей оточують все більші інформаційні потоки, впоратися з якими часом виявляється непосильним завданням. Ця ситуація відображається у сфері навчання. Соціолог Френк Фуреді у своїй статті «Information Overload or a Search for Meaning?» пише про те, що ми живемо в «епоху відволікання», коли сконцентруватися на прочитанні складних книг та текстів стає просто неможливим. Ситуація ускладнюється ще й тим, що перш, ніж перейти безпосередньо до процесу навчання людини, необхідно вибрати «саме той» матеріал, найкращий і відповідний серед мільйона існуючих пропозицій на його запит. І справді в тому, що «правильного вибору» в цій ситуації не існує, адже кожен курс, лекція чи стаття хороші по-своєму. Нам варто прийняти той факт, що світ змінився і навряд чи в наших силах змусити людей читати багатотомні книги (та й чи потрібно?). Впровадження інноваційних форматів інженерної освіти є важливою складовою

сучасної освітньої реформи. Це допомагає покращити якість освіти, зробити її більш актуальною та забезпечити студентів засобами для досягнення успіху в сучасному світі. Ось деякі інноваційні формати інженерної освіти, які можна впроваджувати у вищій освіті. Змішане навчання (Blended Learning): Це поєднання традиційного навчання в аудиторії з використанням онлайн-ресурсів і технологій. Це дозволяє студентам навчатися на власному темпі і отримувати доступ до багатьох джерел інформації. Дуальна форма здобуття професійної освіти: спосіб навчання, за яким теоретичний матеріал опановується в вищому закладі, а практичне навчання проходить на виробництві. Інтерактивні онлайн-курси: створення онлайн-курсів з великою кількістю відеоматеріалів, інтерактивних завдань і форумів для обговорення. Такий формат дозволяє студентам активно залучатися до навчання та обмінюватися знаннями. Проектне навчання: спрямоване на практичне навчання, де студенти працюють над реальними проектами, що допомагає їм розвивати навички, необхідні для ринку праці. Використання віртуальної реальності (VR) та розширеної реальності (AR): використання VR і AR в навчанні може надати студентам можливість вивчати складні матеріали у візуально привабливому форматі. Адаптивні платформи навчання: використання алгоритмів машинного навчання для індивідуалізації навчання, де програма навчання адаптується до потреб і здібностей кожного студента. Електронні портфоліо: створення цифрових портфоліо, де студенти можуть зберігати та показувати свої досягнення, проекти і роботи. Міждисциплінарні курси: забезпечення можливості студентам вивчати предмети з різних галузей для розширення їхнього обсягу знань. Колаборативне навчання: залучення студентів до спільної роботи в групах, де вони можуть обмінюватися досвідом і навичками. Оцінка за результатами проектів та практичних завдань: замість традиційних іспитів, оцінка може базуватися на конкретних проектах і практичних завданнях, що відображають реальний досвід та знання студентів. Менторство і кар'єрна підтримка: надання студентам можливості спілкуватися з менторами і отримувати кар'єрну підтримку та поради.

Впровадження цих інноваційних форматів навчання вимагає інвестицій у технології, навчальні ресурси та підготовку викладачів. Але це може значно покращити якість освіти та підготовку студентів до викликів сучасного світу. Крім цього перед фахівцями в галузі освіти сьогодні стоїть інше ключове завдання – як утримувати увагу людей у процесі навчання? Як зацікавити навчальними матеріалами? Тому розробка та впровадження інноваційних форматів навчання є актуальним питанням. Перед викладачами вищих навчальних закладів

стоїть завдання – залучити до процесу навчання, утримати увагу, підтримувати інтригу та оцінювати дії.

Це завдання можна ефективно вирішувати за допомогою коучингових технологій. Це дає можливість не тільки дізнатися про нову інформацію теоретичного характеру, а й перевіряти її на практиці. Сценарії коучингових технологій засновані на реальних подіях та дають можливість опрацювати знання з проектного менеджменту та ключові компетенції освітньої програми, дозволяючи пов'язувати теоретичні блоки, практичні завдання, відеозаписи, посилання на статті, тести з тем курсів. Це не тільки збільшує залучення студентів до процесу навчання, а й сприяє кращому запам'ятовуванню поданої інформації. Технології стрімко змінюють світ і сфера освіти змінюється разом з ним. Процес навчання сьогодні не став гіршим чи складнішим, він просто став іншим. Основою взаємодії є повага та прийняття студента, а головним інструментом є відкриті стимулюючі питання, які не містять критики, оцінок та порад. Ці особливості коучтехнології дозволяють успішно впроваджувати їх у освітній процес. Фундамент коучингу в університеті становлять такі основні засади: студент спочатку є творчою, цілісною особистістю та має відповідні ресурси; постановка завдання походить від самого студента; відносини між студентом і коучем є цілеспрямованим союзом. Ідеї особистісно-орієнтованого навчання почали активно розвиватися останні десятиліття. Саме тому увагу привертає коучинг як ефективна, апробована практично система розвиваючої взаємодії. Основоположник гуманістичної педагогіки К. Роджерс, ґрунтуючись на власному педагогічному досвіді, виділив умови особистісно-орієнтованого (значущого) вчення, заклавши таким чином ідеї сучасного коучингового підходу в освіті, він наголошує на необхідності теплої прийнятності, безумовного позитивного ставлення викладача до студента; недирективна, діалогічна позиція викладача до джерел та способів здобуття знань; необхідність викладача спиратися на тенденцію своїх студентів, що самоактуалізується.

Результати освоєння студентами освітньої програми передбачають формування у них «уміння самостійно визначати цілі діяльності та складати плани діяльності; самостійно здійснювати, контролювати та коригувати діяльність; використовувати всі можливі ресурси для досягнення поставленої мети та реалізації планів діяльності; вибирати успішні стратегії у різних ситуаціях; володіння навичками пізнавальної рефлексії як усвідомлення вчинених дій та розумових процесів, їх результатів та підстав, меж свого знання та незнання, нових пізнавальних завдань та засобів їх досягнення».

Перелік використаних джерел

1. Хара М.В. Лямзін А.О. Упровадження в навчальний процес інноваційних освітніх технологій на основі інтерактивних механізмів. *Modern education systems in the USA, the EU and the Post-Soviet countries : proceedings International scientific conference* (Seattle, February 12–13, 2020). Seattle, 2020. P. 103–106. URL: <https://www.sworld.com.ua/konferus01/sbor-us1.pdf>
2. Khara, M. Implementation of innovative technologies for modernization of logistic processes / M. Khara, I. Nikolaenko. Science, technology and development of innovative technologies, Ylym, tehnika we innowasion tehnologiýalaryň ösüşi : abstracts of papers of the scientific conference, dedicated to the 30th anniversary of independence of Turkmenistan (Aşgabat, June 12–13, 2021). Aşgabat, 2021. P. 451–453.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-51>

WAYS OF INCREASING THE MOTIVATION OF TECHNICAL STUDENTS TO LEARN ENGLISH**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЙ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ ФУНКЦІЙ ДО ВИВЧЕННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ****Khoroshailo O.S.**

PhD (Pedagogy),
Associate Professor, LLC "Technical
University "Metinvest Polytechnica",
Zaporizhzhia, Ukraine

Хорошайло О.С.

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

Kochergina S.S.

PhD (Philology),
LLC "Technical University
"Metinvest Polytechnica",
Zaporizhzhia, Ukraine

Кочергіна С.С.

к.філол.н.,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна

English is a global language that has become increasingly important in today's interconnected world. It holds significant value for effective communication, business interactions and academic pursuits. However, many students studying technical subjects often lack motivation when it comes to learning English and this can be attributed to various factors.

A primary reason for low motivation among technical students is the perception that English is not relevant to their field of study. They may believe that their technical knowledge alone is sufficient for success in their chosen

profession, dismissing the importance of English. However, this belief is misguided as English proficiency is vital for technical professionals to engage effectively with clients, colleagues and stakeholders from different countries and backgrounds.

Another factor contributing to low motivation is the difficulty of learning the English language. Technical students often struggle with grammar, vocabulary and pronunciation which can be discouraging. Moreover, the amount of time and effort required to achieve fluency in English may seem overwhelming, further dampening their motivation.

Additionally, negative experiences with English language teachers or teaching methods can impact motivation levels. Some students may find traditional classroom instruction boring and unrelated to their specialized field, resulting in disinterest. Others may encounter teachers who lack familiarity with technical terminology, making it challenging to establish a connection between English and their area of study.

To address these issues, it is crucial to create a learning environment that is relevant and engaging for technical students. English language classes should incorporate technical vocabulary and real-life scenarios to make the content more relatable. Employing interactive teaching methods such as role-playing, group discussions and project-based learning can help keep students actively engaged and motivated.

Providing technical students with additional resources and support outside the classroom is equally significant. Access to online language learning platforms, language exchange programs and industry-specific reading materials can enhance their English language skills and provide them with practical exposure.

It is important for teachers to demonstrate how English is applicable to the field of study for specialized students who perceive it as irrelevant. Providing examples such as reading technical publications or engaging in communication with colleagues from different countries can help students recognize the significance of English and increase their motivation to learn.

Incorporating technology into English classes can also be beneficial for technical students. Online tools like Duolingo or Quizlet can make language learning more interactive and enjoyable. Integrating videos related to technical subjects can help students improve their listening skills.

Gamification is another effective way to motivate technical students to learn English. Teachers can design games and quizzes that involve technical vocabulary and terminology exercises. Platforms such as Kahoot! allow teachers to create engaging quizzes that students can play in class or at home, making the learning process more enjoyable and encouraging better retention of information.

Lastly, teachers should tailor their teaching styles to cater to the individual needs of students. Technical students often have diverse learning preferences and teachers should adapt their instructional approaches accordingly. Some students may benefit from visual aids, while others may thrive in hands-on activities. By catering to individual requirements, teachers can ensure that all students are engaged and motivated to learn English.

In conclusion, by addressing the relevance, incorporating technology, utilizing gamification and adapting teaching styles to suit individual needs, educators can help increase the motivation of technical students to learn English. Encouraging students to recognize the benefits of English proficiency in their field of study and providing an engaging and supportive learning environment are essential for their long-term success.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-52>

PROSPECTS OF ENGINEERING EDUCATION IN THE SPHERE OF LOADING AND UNLOADING WORKS

ПЕРСПЕКТИВИ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ У СФЕРІ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ

Shatov S.V.

*DSc (Engineering),
Associate Professor, Prydniprovsk
State Academy of Civil Engineering
and Architecture, Dnipro, Ukraine*

Шатов С.В.

*д.т.н., доцент, Придніпровська
державна академія будівництва
та архітектури,
м. Дніпро, Україна*

Burmaka N.A.

*Chief Specialist, Private joint-stock
company Central Mining
and Concentration Plant,
Kryvyi Rih, Ukraine*

Бурмака Н.А.

*головний фахівець,
ПрАТ «Центральний гірничо-
збагачувальний комбінат»,
м. Кривий Ріг, Україна*

Khyzhniak L.N.

*Senior Specialist, Private joint-stock
company Central Mining
and Concentration Plant,
Kryvyi Rih, Ukraine*

Хижняк Л.М.

*провідний фахівець,
ПрАТ «Центральний
гірничо-збагачувальний комбінат»,
м. Кривий Ріг, Україна*

На гірничих та металургійних комплексах значний обсяг робіт пов'язаний з виконанням вантажно-розвантажувальних процесів. Вони

виконуються з використанням різноманітних машин та механізмів, зокрема вантажопідіймальних кранів. На цих видах робіт залучена значна кількість різноманітних робітників: машиністи кранів, стропальники, сигнальні, особи відповідальні за технічний стан обладнання, особи відповідальні за виконання вантажно-розвантажувальних робіт, ремонтні робітники. Грамотна, злагоджена та кваліфікована робота цих працівників є запорукою успішного та безаварійного виконання виробничих завдань. Тому отримання теоретичних знань та практичних компетенцій у цій сфері є важливим завданням професійної та інженерної освіти.

У підрозділах холдингу Метінвест цьому важливому питанню відводиться значна увага та робота. Основний посил – це сприяти формуванню у працівників відповідального та професійного виконання обов'язків. Це забезпечується системним навчанням персоналу з використанням різноманітних освітніх форм, зокрема тренінгів.

Наразі у підрозділах холдингу проводяться тренінги «Безпечне виконання робіт з використанням вантажопідіймальних машин (ВПМ)». Склад учасників тренінгу – цільова аудиторія: начальники, заступники начальників, механіки підрозділів та дільниць, де використовують ВПМ.

Тренінги складаються з двох частин – теоретичної та практичної. Перша складова передбачає отримання та оновлення учасниками знань у нормативно-правових питаннях, визначення та оцінку ризиків при роботах з ВПМ, зменшення або усунення цих ризиків, оволодіння методами комунікації з підлеглими, грамотно діяти у надзвичайних ситуаціях, впроваджувати найкращі практики у виробництво. На початку тренінгу проводиться тестування для визначення рівня знань учасників. Тренінги передбачають активну форму навчання у вигляді постійного діалогу між учасниками та тренером (викладачем), а також між учасниками. Цьому допомагає наявність робочих зошитів, презентація тренінгу та ілюстративний відеоматеріал.

Практична частина тренінгу проходить на навчальних полігонах та на виробничих дільницях підприємств холдингу. Підготовчу роботу виконують відділи найму та розвитку персоналу. Досвід проведення таких тренінгів показав їх доцільність та ефективність. У серпні-вересні 2023 року на дільниці ремонту обладнання (рис. 1, а) збагачувальної фабрики № 2 ПРАТ ЦГОК проводилися тренінги на тему «Підготовка виробничого майданчика для проведення вантажно-розвантажувальних робіт» та «Виконання вантажно-розвантажувальних робіт». Групи учасників розділялися на «виконавців» та «експертів» (рис. 1, б), яким

ставилися навчально-виробничі завдання. Після виконання проводилися аналіз та їх оцінка виконання навчально-виробничих завдань.



Рис. 1. Проведення практичної частини тренінгу на ділянці збагачувальної фабрики № 2 ЦГЗК: а – переміщення вантажу; б – обговорення тренінгу

Під час обговорення результатів тренінгу, учасниками були запропоновані пропозиції з удосконалення підготовки цієї ділянки ремонту обладнання, а також стосовно виконання робіт з підйому та переміщення вантажів.

Друга частина тренінгу проводилася на навчальному полігоні (рис. 2), де учасники детально розглядали схеми стропування вантажів, відповідність крану та стропів вимогам Правил, а також аналізували роботу машиніста крану та стропальника.

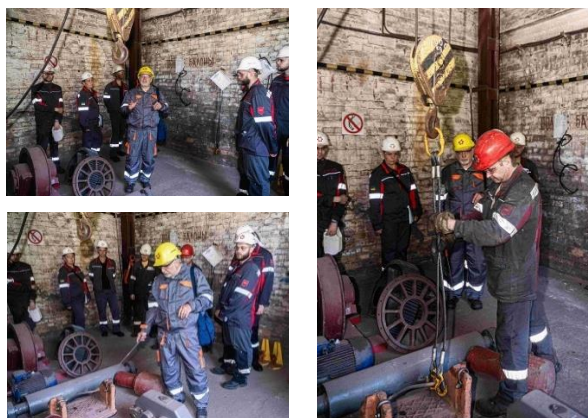


Рис. 2. Тренінг на навчальному полігоні ЦГЗК

Після проведення обох частин (теоретичної та практичної) тренінгу, учасники виконували тести з підсумкового контролю. За результатами тренінгів 8 груп (155 осіб) покращили свої відповіді 75% учасників. При вступному контролі тільки 2 особи (1%) повністю справилися з усіма тестами. Після тренінгів 36 осіб (23%) отримали максимальний результат правильних відповідей. Покращили відповіді під час тестування з 4-х та 5-ї правильних відповідей на 8-ї та 9-ї 35 осіб (22,5%). Статистика тестування підтверджує позитивні результати тренінгів з безпечного виконання робіт з використанням вантажопідіймальних машин.

Необхідно відмітити, що зовнішні обставини (повітряні тривоги) частково впливали на проведення тренінгів – витрачався час на перехід слухачів до укриттів. Однак і в укриттях успішно продовжувалися заняття.

Важливим моментом проведення тренінгів є те, що учасники отримали знання з комунікації між керівниками та підлеглими, що є запорукою безпечного виконання робіт.

PRIORITIES FOR IMPROVING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF MINING COMPANIES

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-53>

ORGANIZATION OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF MINING EXCAVATORS

ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ КАР'ЄРНИХ ЕКСКАВАТОРІВ

Borysov S.M.

*student (group 133-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Борисов С.М.

*студент гр. 133-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

На сучасному етапі висуваються високі вимоги до гірничих машин, зокрема екскаваторів. Кар'єрний екскаватор повинен забезпечувати потрібний рівень безпеки, а також високу продуктивність виконання робіт. Забезпечити виконання даних вимог можливо за рахунок запровадження новітніх матеріалів і технологій виготовлення машин, а також ефективних умов експлуатації.

З метою забезпечення ефективної експлуатації гірничих машин запроваджуються різноманітні автоматизовані комплекси, наприклад, бортові комп'ютери, системи датчиків. Це дозволяє збирати інформацію про технічний стан машин, режим їхньої роботи та оперативно передавати її представникам сервісних служб. Така оперативна подача інформації дозволяє планувати та вчасно організовувати технічне обслуговування та, за потреби, ремонт технічних засобів.

Але слід зауважити, що у режимі реального часу виконати аналіз причин виникнення відмов складно. Відповідно й прийняття ефективного рішення в кожному конкретному випадку проявів відмов ускладнюється [1].

Аналіз досліджень з питань автоматизації технічного обслуговування та ремонту гірничих машин [2, 3] виявив, що доцільно використовувати спеціалізовані програмно-інформаційні системи, наприклад EAM, CMMS системи. Зокрема остання є спеціалізованою комп'ютерною системою управління технічним обслуговуванням машин.

З метою аналізу технічних систем, якими й є гірничі машини, вибору ефективних методів проведення ТО і ремонту необхідно чітко визначити структуру системи, виявити всі зв'язки та взаємні впливи її окремих елементів, наприклад із використанням основ системного аналізу й синтезу, теорії надійності складних технічних систем. Такий підхід дозволить вибрати ефективний алгоритм виконання робіт та відповідний математичний апарат.

Для організації ТО і ремонту важливим попереднім етапом є діагностування. Діагностування дозволяє оцінити технічний стан машини без розбирання.

Використовують різні типи діагностування: поглиблене та експрес – діагностування.

Експрес методи діагностування рекомендовано застосовувати для механізмів, які безпосередньо визначають безпеку екскаватора. До таких механізмів можна віднести й привод екскаватора.

Якщо експрес-діагностування можна рекомендувати безпосередньо для виявлення несправностей, то причина їхнього виникнення не може бути встановлена. З цією метою рекомендується застосовувати поглиблене діагностування.

Вибір методу діагностування має базуватись на обґрунтованих методиках, які як показує аналіз наукових досліджень і практичного досвіду [4, 5], різняться за переліком рекомендованих етапів.

Аналіз літературних джерел дозволив нам сформулювати узагальнену методіку організації процесу діагностування, яка повинна містити наступні етапи:

- 1) формування бази даних із можливістю збереження й сортування отриманої інформації;
- 2) обґрунтування вибору точок вимірювання, підготовки вимірювальної поверхні, датчиків, апаратури;
- 3) розроблення програмного забезпечення, яке дозволить обрати раціональний метод діагностування залежно від конструктивних, кінематичних та експлуатаційних особливостей обстежуваних технічних пристроїв;
- 4) обґрунтування критерію граничного стану (окремо для кожного елементу технічної системи – екскаватор).

Перелік використаних джерел

1. Paterson L.B., Özdoğan M. Performance of the Bigger, Faster and Smarter New Generation Electric Mining Shovels: International Mining Congress and Exhibition of Turkey December 2012. P. 237–242.

2. Горпинич А.В. Формування підсистеми інформаційного забезпечення оперативного управління параметрами кар'єрних

рудопотоків: матеріали Міжнар. конф. “Форум гірників-2006», м. Дніпропетровськ: Вид-во РВК НГУ, 2006. Том «Відкриті гірничі роботи». С. 175–182.

3. RUSINSKI, Eugeniusz, et al. Surface mining machines: problems of maintenance and modernization. Springer, 2017. 169 p.

4. LEI, Yaguo, et al. Condition monitoring and fault diagnosis of planetary gearboxes: A review. *Measurement*. 2014. Vol. 48. P. 292–305.

5. BAUER, Bernd; GEROPP, Bernd; SEELIGER, Andreas. Condition monitoring and predictive maintenance in mining industry using vibration analysis for diagnosis of gear boxes. *IFAC Proceedings Volumes*. 1997. Vol. 30. P. 989–992.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-54>

**PROSPECTS OF UNIFORM APPROACHES IMPLEMENTATION
TO BUILDING THE ORGANIZATIONAL STRUCTURE
OF ASSOCIATED ENTERPRISES TO INCREASE THE
EFFICIENCY OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT**

**ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЄДИНИХ ПІДХОДІВ
ДО ПОБУДОВИ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ СУМІЖНИХ
ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ**

Buhlak K.A.

*student (group 051-22-1m),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Буглак К.А.

*студентка гр. 051-22-1м,
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*

Організаційна структура і штатна розпис – це «організаційний документ, в якому визначається перелік структурних підрозділів

юридичної особи, посад та інформація щодо кількості працівників» [1]. Відповідно до пункту 3 статті 64 Господарського кодексу України, юридичні особи мають право самостійно встановлювати свою організаційну структуру і кількість працівників [2]. Якщо взяти до уваги великі корпорації і холдинги, то вони включають розгалужену структуру бізнес-одиниць. Різноманітність організаційної структури та штатного розпису таких бізнес-одиниць може ускладнити систему внутрішнього управління. Важливо враховувати, що кожна бізнес-одиниця може мати свою власну унікальну організаційну структуру. Деякі можуть бути більш ієрархічними та централізованими, інші – децентралізованими та більш гнучкими. Це може впливати на швидкість прийняття рішень, на розподіл влади та відповідальності між різними рівнями управління. Щодо різниці у штатному розписі, то підприємства холдингів можуть мати різні рівні зайнятості, що впливає на обсяг ресурсів, доступних для обробки інформації та аналізу.

Різниця в організаційній структурі та штатному розписі може мати декілька наслідків в контексті обробки інформації та прийняття управлінських рішень. По-перше, відмінності можуть призвести до неоднакових стандартів управління бізнес-процесами і тим самим ускладнити інформаційний обмін. Деякі підрозділи можуть мати більш формалізовані та структуровані процеси, тоді як інші можуть працювати більш гнучко та незалежно. Другим аспектом є ускладнення координації і співпраці між різними бізнес-одиницями. Різниця в організаційній структурі може вимагати більше зусиль для забезпечення спільних цілей та узгодженості дій. Неоднаковість штатного розпису може призвести до різних рівнів доступу до ресурсів і фахівців. Крім того, ця проблема може спричинити затримки у процесі передачі та обміну внутрішньою інформацією, що, наприклад, може вплинути на швидкість реагування на зміни.

Особливо актуальною проблема розрізненості підходів до побудови організаційної структури є для суміжних підприємств, які діють у схожих або пов'язаних галузях, мають спільні цілі, ринки або клієнтську базу, можуть взаємодіяти на різних рівнях, від об'єднання ресурсів до спільних маркетингових ініціатив. Різниця в організаційній структурі та штатному розписі таких підприємств може призводити до цілої низки проблем:

- неефективна співпраця через різницю внутрішніх процесів та підходів до управління, що ускладнює обмін інформацією і координацію;

– розбіжності в бізнес-стратегії та баченні кінцевої цінності бізнесу, що може призвести до конфліктів у вирішенні спільних питань та визначенні пріоритетів;

– втрата конкурентоспроможності через нерівномірний розподіл ресурсів.

Отже, для вирішення проблеми різномірності підходів до побудови організаційної структури суміжних підприємств в структурі холдингів доцільно акцентувати увагу на стандартизації бізнес-процесів, встановленні централізованих систем інформаційного обміну [3] та розробці спільної стратегії для всіх підприємств. Це допоможе спростити обробку інформації, забезпечити більшу координацію та співпрацю між підрозділами та полегшити прийняття управлінських рішень на всіх рівнях управління.

Крім того, стандартизація підходів до побудови/визначення організаційної структури дозволить спростити процес внесення змін до організаційної структури, регламентувати та уніфікувати структуру документів, що забезпечуватимуть різні бізнес-процеси.

Розробка єдиних підходів до побудови організаційної структури та стандартизація (уніфікація) самої організаційної структури сприятиме синхронізації базових та підтримуючих бізнес-процесів, більш чіткішій орієнтації їх на досягнення стратегічної цінності бізнесу.

Перелік використаних джерел

1. Збірник уніфікованих форм організаційно-розпорядчих документів / Укрержархів. УНДІАСД: Уклад. О.М. Загорецька. К., 2015. 100 с.
2. Господарський кодекс України від 16.01.2003 № 436-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436-15#Text>
3. Michael Rosemann, Jan vom Brocke. The Six Core Elements of Business Process Management. URL: https://www.researchgate.net/publication/226852950_The_Six_Core_Elements_of_Business_Process_Management

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-55>

**ADAPTATION OF THE PRODUCTION SYSTEM OF THE MINING
COMPLEX AS A REACTION TO THE DYNAMICS
OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT**

**АДАПТАЦІЯ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ ГІРНИЧО-
ВИДОБУВНОГО КОМПЛЕКСУ ЯК РЕАКЦІЯ НА ДИНАМІКУ
ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ГОСПОДАРЮВАННЯ**

Hryhoriev Yu.I.

*PhD (Engineering), Associate
Professor, Kryvyi Rih National
University, Kryvyi Rih, Ukraine*

Григор'єв Ю.І.

*к.т.н., доцент,
Криворізький національний
університет, м. Кривий Ріг, Україна*

Slusar S.V.

*student 184PKK-22-1m,
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Слюсар С.В.

*студент гр. 184PKK-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Herasymchuk O.M.

*student 184PKK-22-1m,
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Герасимчук О.М.

*студент гр. 184PKK-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Serheiev P.S.

*student 184PKK-22-1m,
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Сергєєв П.С.

*студент гр. 184PKK-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

На сьогоднішній день гірнича наука продовжує у переважній мірі спиратися на емпіричні знання в галузі видобування корисних копалин, хоча й більшість інженерних викликів вже вирішено на достатньо високому технологічному рівні. З огляду на невинність науково-технічного прогресу цілком логічним є те, що перегляд понять, уточнення визначення загальних принципів, концепцій та закономірностей має бути необхідним елементом формування теоретичних основ усіх галузей гірничої науки.

Протягом всього періоду існування будь-якого гірничодобувного підприємства триває безперервний процес змін як його виробничої системи, так і окремих технологічних процесів, обумовлений необхідністю забезпечення подальшого його розвитку та адаптації до динамічних умов, таких як гірничо-геологічні, гірничотехнічні, екологічні, а також соціальні та економічні фактори.

Адаптація є важливою властивістю будь-якої системи, і вона відноситься до можливості системи пристосовуватися та реагувати на зміни у своєму оточенні. З погляду системного підходу, адаптація є постійним та динамічним процесом, який може відбуватися на різних рівнях всередині системи. Система може адаптуватися шляхом саморегулювання, навчання або еволюції, і ця здатність до адаптації має вирішальне значення для збереження стабільності та досягнення поставлених цілей у визначеному проміжку часу.

Якщо розглядати поняття адаптації в широкому розумінні, то воно позначає пристосування певного суб'єкта чи системи до мінливих оточуючих умов. Щодо трактування поняття «адаптації підприємства», то воно може трактуватися і в контексті забезпечення конкурентоспроможності та розглядатися як форму розвитку підприємства, охарактеризовану швидким реагуванням і гнучким пристосуванням. З іншого боку, вона являє собою упорядковану сукупність змін, внесених і в стратегію розвитку підприємства, і у внутрішню систему діяльності підприємства, реалізація яких зумовлює ефективну діяльність підприємства в умовах, що змінилися. У загальному ж випадку адаптацію підприємства вважають процесом вимушеного пристосування підприємства до змін умов існування, при цьому зміні можуть відбуватися і в зовнішньому, і у внутрішньому середовищі підприємства.

Процес адаптації здійснюється на кількох ієрархічних рівнях, що відповідають різним етапам управління об'єктом:

- параметрична адаптація – на цьому рівні визначаються, змінюються і регулюються параметри об'єкта в режимі нормального функціонування, зазвичай це стосується короткострокового часового інтервалу;

- структурна адаптація – на цьому рівні відбувається зміна структури об'єкта, включаючи окремі елементи, їх зв'язки та функції, цей процес зазвичай займає тривалий період часу;

- адаптація об'єкта – тут визначається і змінюється сам об'єкт, і вибирається його оптимальний варіант, наприклад, це може включати зміну технологічних схем транспортування, робочих зон тощо;

- адаптація цілей – на цьому рівні відбувається зміна потреб суб'єкта, який користується послугами системи управління, це може включати зміну корисної копаліни, що видобувається кар'єром.

В залежності від об'єкта, до якого прикладається адаптуюча дія, виділяють наступні види адаптації:

- функціональна – це зміна функцій, завдань або діяльності системи, щоб вона ефективніше виконувала завдання в нових умовах. У виробництві це може включати в себе впровадження нових технологій або перехід до виробництва нових продуктів для задоволення змінних потреб ринку;

– ресурсна – це процес пристосування системи, організації або об'єкта до змін у розподілі, використанні чи управлінні ресурсами. Ця адаптація може включати в себе оптимізацію використання наявних ресурсів, пошук нових джерел ресурсів, розподіл ресурсів з урахуванням змінних потреб і вимог, а також ефективне управління ресурсами для досягнення поставлених цілей та завдань. У гірничодобувній сфері, ресурсна адаптація може включати в себе стратегії зменшення витрат на ресурси, пошук нових постачальників, або переорієнтацію на більш ефективні джерела ресурсів для підтримки діяльності компанії;

– технологічна – це процес впровадження, модифікації або пристосування технологій, систем або процесів для відповіді на зміни у виробничих, соціальних, економічних або інших умовах. Ця адаптація може включати в себе впровадження нових технологій, оптимізацію існуючих технологічних процесів, або внесення змін у використання технічних рішень для покращення продуктивності, якості, ефективності чи конкурентоспроможності. У сучасному світі, де технологічний прогрес швидко змінюється, технологічна адаптація стає ключовою для успішного функціонування підприємств та організацій.

В залежності від горизонту планування виділяють такі види адаптації:

– стратегічна – цей вид адаптації спрямований на довгострокове планування і стратегічне перетворення. Вона включає в себе розробку нових стратегій, бізнес-моделей та довгострокових цілей, спрямованих на вирішення системних та стратегічних проблем;

– тактична – ця адаптація орієнтована на середньострокове планування та заходи, які можуть бути вжиті для пристосування до змін у терміні від декількох місяців до кількох років.

На техніко-економічні показники гірничо-видобувного комплексу значний вплив здійснює невизначеність, що зберігається у світовій економіці, тому вкрай важливо досягти операційної стабільності – передбачуваності очікуваного видобутку, витрат і рівнів продуктивності. Стабільність підвищує ритмічність гірничого виробництва і як наслідок – продуктивність праці, сприяє зменшенню відходів і пов'язаних з ними витратами, а також забезпечує досягнення цільових показників виробництва і якості.

Важливо відмітити, що в гірничо-видобувними комплексами генерується не тільки мінеральна продукція, а й величезні обсяги даних. Більша частина інформації втрачається або не використовується, що знижує адаптивний потенціал гірничо-видобувного комплексу. Задачею інженерів технічних відділів гірничо-видобувних підприємств та проектних інститутів є збір, систематизація, накопичення і використання цих даних в адаптивних математичних моделях. Коли дані стануть видимими, будуть піддаватися аналізу і обробці, вони стануть доступними для вищого менеджменту та лінійних керівників для

прийняття управлінських рішень. Тому подальші наукові дослідження будуть направлені на структурний та функціональний аналіз гірничо-видобувних комплексів і побудову адаптивних математичних моделей для підвищення їх операційної ефективності.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-56>

JUSTIFICATION OF THE DEVELOPMENT METHODS OF MAN-MADE DEPOSITS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF THE MINING COMPLEX

ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ РОЗРОБКИ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОГО КОМПЛЕКСУ

Hryhoriev Yu.I.

*PhD (Engineering), Associate
Professor, Kryvyi Rih National
University, Kryvyi Rih, Ukraine*

Григор'єв Ю.І.

*к.т.н., доцент, Криворізький
національний університет,
м. Кривий Ріг, Україна*

Shvets Ye.M.

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

Швец Є.М.

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

Hryhoriev I.Ye.

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

Григор'єв І.Є.

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

Smirnov O.Ya.

*student (group 184RKK-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Смірнов О.Я.

*студент гр. 184РКК-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Питання відпрацювання техногенних родовищ набуває своєї актуальності з огляду на стратегічну необхідність розширення мінерально сировинної бази гірничо-видобувних комплексів. Дана необхідність обгрунтовується виходом діючих кар'єрів на свої проектні

контури з поступовим нарощуванням коефіцієнту розкриву. Крім того, завчасно сформовані техногенні родовища дозволяють суттєво покращити показники операційної ефективності роботи підприємств в періоди зростання ціни на залізорудну продукцію за рахунок більш повного покриття попиту.

Численні дослідження вітчизняних вчених свідчать, що кондиційною сировиною для виробництва залізорудного концентрату може слугувати кілька десятків вже сформованих техногенних родовищ залізистих кварцитів, що складають відвали некондиційних порід гірничодобувних підприємств Криворізького гірничо-видобувного комплексу. Залежно від якості залізорудної сировини та умов створення техногенних родовищ серед них може бути виділено дві групи. До першої відносять скупчення гематитових кварцитів, що сформувалися під час підземної та відкритої розробки родовищ Криворізького басейну та містять $Fe_{\text{заг.}}=30-45\%$. Друга група представлена гематитовими кварцитами з вмістом $Fe_{\text{заг.}}=40-45\%$, що утворені складами відсіву дробарно-сортувальних фабрик шахт. Так, відвали Центрального гірничо-збагачувального комбінату містять 40 млн. т. гематитових кварцитів, що є другим за пріоритетністю видом сировини. Відвал № 3 комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг» та відвал ПівдГЗК містять відповідно 144 852 тис. т та 542 644 тис. т гематитової сировини з вмістом $Fe_{\text{заг.}}=36\%$.

Складність відпрацювання даних техногенних родовищ полягає в особливостях їх будови, що зумовлено технологічними факторами відвалоутворення з використанням автомобільного та залізничного транспорту. Виконані проф. Євтеховим В.Д. дослідження будови техногенних родовищ гематитових кварцитів, сформованих з використанням автомобільного транспорту виявили скупчення рудних тіл потужністю 1–2 м та протяжністю 10–15 м лінзоподібної форми. Характерною особливістю відвалів є суттєва відмінність у мінеральному та хімічному складі сусідніх рудних тіл. При аналізі розрізів аналогічних техногенних об'єктів, утворених із використанням залізничного транспорту, виявляються ще більші складнощі виділення окремих рудних тіл гематитових кварцитів. Корисні компоненти Скелеватського та Валявкинського родовищ сформовані безсистемно, мають різну структуру, текстуру та відрізняються за хімічним і мінеральним складом. Використання для подальшого відпрацювання техногенних родовищ карт, що складаються на підприємствах в процесі відсіпки також доволі проблематичне: хоча там і позначені кількісні та якісні характеристики складованих порід, за довготривалий період свого

існування техногенна сировина піддається впливу атмосферних чинників, має місце фізико-хімічна взаємодія мінеральних окреможностей.

Таким чином, розробка подібних техногенних родовищ значно ускладнюється через змішування пустих порід з потенційно корисною техногенною сировиною. Це унеможливорює валове виймання гірничої маси із відвантаженням на збагачувальну фабрику. Виникає проблема із селективною розробкою родовища через міграції мінералів під впливом природних факторів навколишнього середовища.

Отже, для майбутнього залучення до експлуатації техногенних родовищ постає питання розробки високопродуктивних способів відпрацювання існуючих техногенних родовищ, які б забезпечували повноту виймання техногенної сировини в періоди появи попиту на неї. Крім того, ґрунтуючись на засадах сталого розвитку, по мірі науково-технічного прогресу і відкриттів у суміжних галузях промисловості мають постійно переглядатися технологічні схеми формування техногенних родовищ. Має враховуватися унікальний досвід спостережень за техногенними родовищами, адже раніше людство ніколи не накопичувало такі обсяги техногенних мінеральних ресурсів. Врахування виявлених явищ і процесів дозволить більш обґрунтовано підійти до пошуку технологій формування техногенних родовищ, що в свою чергу забезпечить їх ефективне подальше відпрацювання.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-57>

**PERSPECTIVE DIRECTIONS FOR ENSURING THE SAFETY
OF WORKERS AND INCREASING THE EFFICIENCY
OF CONSTRUCTING ROADS BY HEADER MACHINES
ON COAL SEAMS PRONE TO GAS-DYNAMIC PHENOMENA**

**ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ
ПРАЦІВНИКІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ПРИ СПОРУДЖЕННІ ВИРОБОК ПРОХІДНИЦЬКИМИ
КОМБАЙНАМИ НА ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТАХ, СХИЛЬНИХ
ДО ГАЗОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ**

Diedich I.O.

*PhD (Engineering),
HSE manager of Coal Directorate,
LLC "METINVEST HOLDING",
Pokrovsk, Ukraine*

Дєдїч І.О.

*к.т.н., старший менеджер з охорони
праці та промислової безпеки
Вугільної дирекції,
ТОВ «МЕТІНВЕСТ ХОЛДІНГ»,
м. Покровськ, Україна*

Конкурентоспроможні економічні моделі забезпечення операційної ефективності видобутку вугілля спираються на стратегію експлуатації гірничо-шахтного обладнання, яке за своїми характеристиками підтримує зростання інтенсивності видобутку. Таким чином забезпечується випередження продуктивності праці перед перманентним збільшенням питомих витрат, природним погіршенням умов видобутку, а також формується джерело для інвестицій в технічне переоснащення та капітальне будівництво нових шахт або розробки нових ділянок.

Інтенсивність видобутку вугілля на родовищах сходу України обмежується низкою факторів, одними із найбільш складним за дослідженням та керуванням є газодинамічні явища. Нормативно-правовими актами з охорони праці регламентовані заходи, щодо прогнозу, а також мінімізації ризиків для робітників шахти. Кардинальним рішенням проблеми є перехід від комбайнового способу спорудження виробки на буропідривному технологію у режимі струсного підривання.

Інтенсивність видобутку в лавах, оснащених с сучасним обладнанням забезпечує щомісячне посування лінії очисних робіт 150–200 метрів на місяць. Зважаючи на вимоги безпеки з вентиляції при спорудженні виробок, та логістичні обмеження, отримуємо мінімальні темпи проходки, які також дорівнюють 150–200 метрів на місяць. Для

забезпечення інтенсивності видобутку вугілля на рівні 5 тис тон на день за газовим фактором поперечний перетин виробок видобувної дільниці повинен сягати не менше 20 квадратних метрів, а обсяг свіжого повітря, який подається на дільницю 2 тис кубічних метрів на хвилину. Темпи спорудження виробок у режимі струсного підривання на пластах, схильних до газодинамічних явищ з поперечним перетином 20 квадратних метрів не перевищують 60 метрів на місяць. Таким чином сформовано дисбаланс потрібних темпів проходки, із можливостями технології при повному виконанні вимог безпеки.

Українські вугільні родовища не є унікальними, де зафіксовані та досліджуються газодинамічні явища. Міжнародний досвід вирішення проблеми раптових викидів вугілля та газу при підземній розробці вугільних пластів [1], передбачає використання різноманітних засобів прогнозу небезпечних зон, а також виконання комплексу превентивних заходів.

Розвиток систем автоматизованого та дистанційного керування гірничошахтним обладнанням зсунув пріоритети із впровадження систем прогнозу небезпечних зон у бік дистанційного керування основними технологічними процесами спорудження виробки із спеціально оснащеного робочого місця, де створені умови для безпечного перебування оператора прохідницького комбайну [2], навіть в тих випадках, якщо викид газу та вугілля все ж таки трапляється.

Обмеження кредитних ресурсів для технічного переоснащення підготовчих вибоїв сучасними зразками прохідницької техніки, в яких відповідні системи дистанційного керування змонтовані на заводах-виробниках, робить перспективним напрямом поточну модернізація існуючого парку прохідницьких комбайнів серії КСП, П110 (220), П315.

Виробниками систем автоматизації запропоновані концепції, підходи та проекти модернізації зазначених прохідницьких комбайнів. Проекти потребують багаторівневого експертного обговорення та розробки технічних регламентів на період дослідного використання. Визначення досяжних темпів спорудження виробок при таких суттєвих змінах технології має довести, або спростити доцільність інвестицій у модернізацію.

Успішне дослідне впровадження дистанційного керування прохідницькими комбайнами створить передумови для комплексного перегляду технології спорудження виробок по змішаному вибою, перегляду організації роботи маркшейдерського супроводу, переорієнтації функцій дільниць прогнозу, а також доповнення діючих нормативно-правових актів з охорони праці.

Перелік використаних джерел

1. Thomas Imgrund, Rob Thomas, International experience of gas emission and gas outburst prevention in underground coal mines, Proceedings of the 2013 Coal Operators' Conference, Mining Engineering, University of Wollongong, 18-20 February 2019.

2. Piotr Cheluszka, Eryk Remiorz, Jamal Rostami. The Use of a Roadheader Simulator in Research of Dynamics and Energy-Consumption of Excavating Underground Roadways and Tunnels. *Optimization and Improvement of Energy Consumption and Dynamic Loads of Mining Machines* 2022. Energies 2022, 15(18), 6673; <https://doi.org/10.3390/en15186673>.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-58>

TRANSFER OF EMPLOYEES BETWEEN BUSINESS UNITS OF THE CORPORATE STRUCTURE AS A HUMAN RESOURCE MANAGEMENT TOOL

ПЕРЕВЕДЕННЯ ПРАЦІВНИКІВ МІЖ БІЗНЕС-ОДИНИЦЯМИ КОРПОРАТИВНОЇ СТРУКТУРИ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ

Dolynko O.O.

*student (group 051-22-1m),
LLC "Technical university "Metinvest
polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine*

Shevchenko N.Yu.

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

Долинко О.О.

*студентка гр. 051-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Шевченко Н.Ю.

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

Інститут «переведення на іншу роботу» у трудовому праві почав формуватися наприкінці 20-х років ХХ століття. Зміст поняття «переведення на іншу роботу» не раз змінювався в ході розвитку трудового законодавства [1, с. 14]. Наприклад, у роботі [2] переведення

працівника на інше підприємство, унаслідок якого відбувається припинення трудового договору, відносно за територіальною ознакою до різновидів переведень на іншу роботу та вважається зміною істотних умов праці. Крім того, таке переведення є одночасно підставою для звільнення з попереднього місця роботи [3; 4, с. 128]. Але оскільки працівник надає свою згоду на таке переведення і має приступити до виконання своїх обов'язків у нового роботодавця, то це все ж таки можна вважати переведенням, а не звільненням [4, с. 700].

В міжнародній практиці можливість тимчасових і постійних змін трудового договору укладається в рамки директивної влади підприємця, яка включає право вдосконалювати організацію виробництва, що надає право вносити зміни в зміст трудових функцій і всіх інших істотних компонентів трудової діяльності. Таким чином, отримавши згоду працівника на відновлення (новацію) контракту, підприємець має право в будь-який момент змінити істотні умови трудового договору.

За загальним правилом, якщо переведення працівника на іншу роботу не веде до скорочення заробітної плати й до зміни істотних умов праці (це визначають суди в кожному конкретному випадку), то таке переведення вважається застосованим у межах трудового договору і не вимагає згоди працівника [5, с. 211–212].

Переведення на іншу роботу поділяються на окремі види. При цьому існує декілька критеріїв такої класифікації: залежно від терміну; за територіальною ознакою; за ініціативою сторін.

Залежно від терміну розрізняють: постійні й тимчасові переведення.

За територіальною ознакою переведення поділяються на:

1) переведення у межах підприємства, організації, установи для виконання іншої роботи (спеціальності, кваліфікації, посади), не обумовленої трудовим договором;

2) переведення на інше підприємство, в установу, організацію, до іншого власника;

3) переведення на роботу в іншу місцевість, в тому числі разом з підприємством, установою, організацією.

Ініціатива може виходити як від власника, так і від працівника.

Переведення на інше підприємство досить складний процес, що потребує більш детального розгляду. Статтею 32 КЗпП встановлено, що переведення працівника на роботу на інше підприємство, в установу, організацію допускається тільки за згодою працівника [6]. Відповідно до п. 5 ст. 36 КЗпП переведення працівника за його згодою на інше підприємство є підставою припинення трудового договору [6].

Звільнення працівника шляхом переведення його на інше підприємство є на сьогоднішній день однією з найнерозповсюдженіших форм звільнення, оскільки припускає досить велику паперову «тяганину» і дотримання певних процедур. Але для працівника це одна із найвигідніших форм звільнення, оскільки вона дозволяє не переривати його виробничий стаж і зберігати всі гарантії щодо відпустки. На новій роботі працівник укладає інший трудовий договір. Ініціатором переведення може бути як сам працівник, так і власник підприємства або уповноважений ним орган.

Перелік використаних джерел

1. Ротань В.Г., Зуб І.В., Стичинський Б.С. Науково-практичний коментар до законодавства України про працю. Київ: А.С.К., 2008. 680 с.
2. Болотіна Н.Б. Трудове право України : підручник. Київ: Вікар, 2006. 725 с.
3. Одовічена Я.А. Зміна місця роботи як новація умов трудового договору. *Форум права*. 2012. № 4. С. 694–701. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/FP_index.htm_2012_4_113.pdf (дата звернення 03.10.2023)
4. Височина О.В. Переведення працівників на іншу роботу як форма ефективного використання та розподілу трудового потенціалу. *Право і безпека*. 2005. Т. 4. № 5. С. 127–129.
5. Бойко М.Д. Порівняльне трудове право: навчальний посібник. Київ: Атіка, 2007. 384 с.
6. Кодекс законів про працю України від 10 грудня 1971 р. № 322-VIII (зі змін і доп.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text> (дата звернення 23.09.2023)

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-59>

DEVELOPMENT OF PREPARATORY ENTRIES DRIVING AND FASTENING TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF “KRASNOLIMANSKA” COAL MINE

РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ ПРОВЕДЕННЯ ТА КРІПЛЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ШАХТИ «КРАСНОЛИМАНСЬКА»

Kamenets V.I.

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

Каменець В.І.

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

Novikov M.O.

*student (group 184RKK-22-1m),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

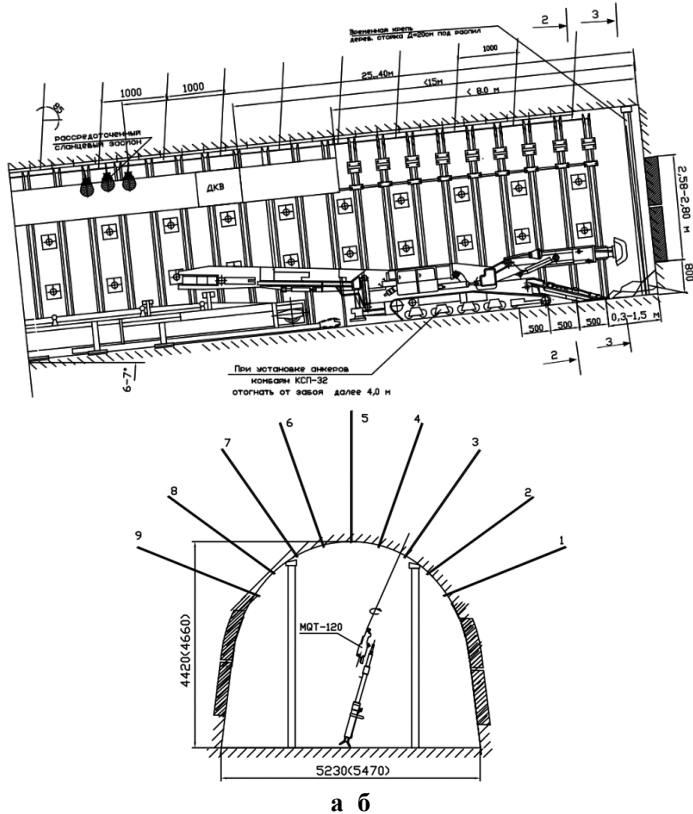
Новіков М.О.

*студент гр. 184РКК-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Шахта «Краснолиманська» знаходиться поблизу міста Родинське. Незважаючи на близькість до зони бойових дій, на підприємстві ведуться очисні роботи в лаві пласта m_4^2 та підготовчі роботи на перспективному пласті k_5 , потужність якого перевищує 2,2 м. В умовах системного дефіциту профілів СВП прийнято рішення перейти на анкерне кріплення дільничних виробок [1] з додатковим нанесенням шару набризкбетону із вмістом подрібненої породи.

Для підвищення швидкості проведення виробок та механізації зведення анкерного кріплення на заміну морально застарілих комбайнів КСП-32 (рис. 1) придбано два комбайни EBZ160JM виробництва Китаю (рис. 2а) з авто-анкеровстановниками. Вони виконують буріння анкерних шпурів по контуру удвічі швидше від анкеровстановника АВЕ, яким комплектується вітчизняний комбайн ПП10-01 (рис. 2б). Заявлені додаткові переваги нового комбайна – висока надійність, гідрофіковане тимчасове кріплення, волога система пиловловлювання, дистанційне керування усіма процесами. Комбайн EBZ-160JM важкого типу, згідно [2], відповідає гірничо-геологічним умовам шахти, його основні технічні характеристики наступні: потужність електродвигуна виконавчого органу 160 кВт, максимальні

розміри виробки: висота – 4,5 м , ширина – 5,6 м, міцність породи у вибої – до 80 МПа, питомий тиск на ґрунт 0,14 МПа, вага 60 т, навантажувальна продуктивність до 2,4 м³/хв. Запропонована технологічна схема комбайнового проведення наведена на рис. 3.



**Рис. 1. Фрагмент шахтного паспорту проведення виробки комбайном КСП-32 з рамно-анкерним кріпленням:
а – технологічна схема; б – встановлення віяла анкерів станком MQT-120 ($t=75$ хв.)**



Рис. 2. Прохідницькі комбайни з анкеростановниками
а – EBZ160JM з двома авто-анкеростановниками; б – П110-01 з АВЕ

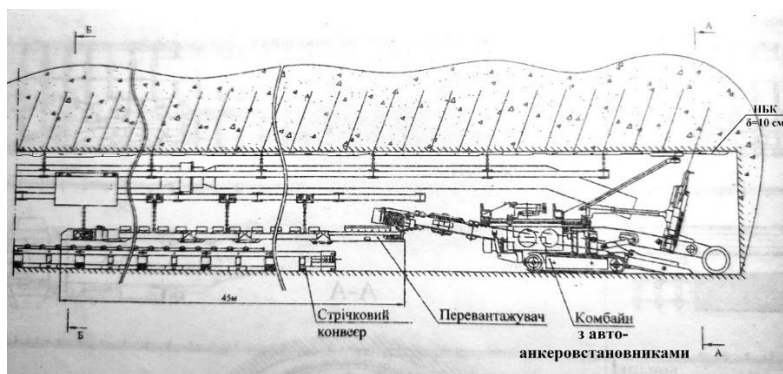


Рис. 3. Запропонована технологічна схема комбайнового проведення з анкерно-набризкбетонним кріпленням

Застосування анкерного кріплення в умовах шахти відповідає рекомендаціям нормативу [3], прогнозована відносна конвергенція порід у виробках не перевищує 20%. Перетини виробок аркової та прямокутної форми з анкерно-набризкбетонним кріпленням, які застосовуються на шахті, показано на рис. 4 та рис. 5, використано рекомендації [3]. Розробляється рецептура набризкбетонної суміші, до складу якої буде додаватися подрібнена на місці за допомогою спеціальної дробарки глиновмісна порода. Попередні експерименти дали позитивний результат.

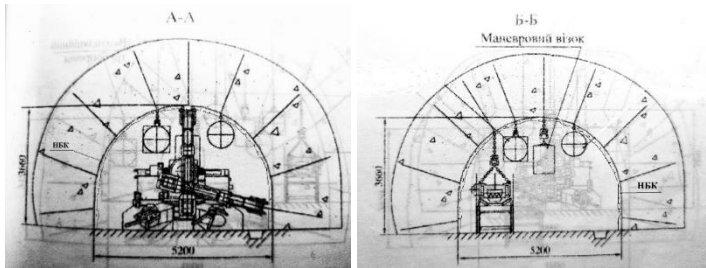


Рис. 4. Перетини виробки аркової форми з анкерно-набризкбетонним кріпленням

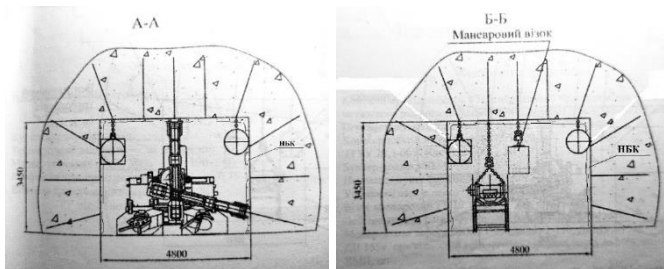


Рис. 5. Перетини виробки прямокутної форми з анкерно-набризкбетонним кріпленням

Перелік використаних джерел

1. Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги / СОУ 10.1.05411357.010:2014. Міненерговугілля України: Київ, 2014. 88 с.
2. Правила технічної експлуатації вугільних шахт / СОУ 10.1.00185790.002:2005. Мінвуглепром України: Київ, 2006. 353 с.
3. Технологічні схеми відпрацювання газоносних пластів з великими навантаженнями на очисні вибої / СОУ-П 10.1.00185790.01. Мінвуглепром України: Київ, 2010. 176 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-60>

STUDY OF THE PROCESSES OF MOVEMENT OF VEHICLES WITH A STEPPING MOTOR

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕСУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З КРОКУЮЧИМ РУШІЄМ

Krupko I.V.

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

Krupko I.B.

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

Підвищення ефективності при виконанні процесу транспортування та виконання технологічних операцій являє собою досить важливу науково-технологічну задачу. Вирішенню цієї задачі повинно приділятися значна увага, як на стадії розробки нових конструкцій, так і при удосконаленні існуючих механізмів пересування.

Питання по обґрунтуванню конструкцій крокуючих механізмів пересування і навантажень які при цьому виникають розглянуто в роботах [1, 2], де розглянуті існуючі конструкції рушіїв і наведені основи вибору параметрів цих механізмів, в той же час, на наш погляд, недостатньо розкрито процеси взаємодії різних конструкцій опорних елементів з ґрунтами зі змінними фізико-механічними характеристиками. Подальший розвиток теорії і практики застосування нових конструкцій приводів крокуючих рушіїв та опорних елементів дозволив обґрунтувати конструкцію чотирьох опорного крокуючого механізму та раціональні параметри опорної частини механізму пересування. В той же час питання взаємодії опорних елементів з ґрунтами різних фізико-механічних характеристик, як в процесі виконання транспортних, так і технологічних операцій потребують подальшого вирішення.

Для підвищення ефективності крокуючих механізмів пересування, розроблено і обґрунтовано конструкцію і параметри чотирьохопорного крокуючого механізму, який може застосовуватись як для пересування потужних машин, так і для виконання технологічних операцій на ґрунтах з різними фізико-механічними властивостями.

В основу конструкції поставлено задачу шляхом зміни конструкції та параметрів ексцентрикового приводу та геометричних параметрів

опорних елементів, розділити функції лиж на опорні зовнішні та транспортні внутрішні, при цьому збільшити стійкість та проходимість транспортної машини, чи іншої технологічної машини що також може забезпечити опирання машини на дві зовнішні опори з більшими параметрами ніж внутрішніми, а також забезпечити необхідну швидкість пересування машини за рахунок більшого ексцентриситету внутрішніх (транспортних) лиж.

В крокуючому чотирьохопорному рушії, який вміщує привідні зубчасті колеса, кожне з яких має на торцях діаметрально протилежні два ексцентрика повернуті один всередину, а другий назовні, та з'єднані через важелі, а опорні і транспортні лижі мають геометричні параметри, які забезпечують транспортне і технологічно безпечну експлуатацію на ґрунтах з різними фізико-механічними параметрами.

Отримані рішення дозволяють визначити умови стійкості і прохідності транспортних машин, обладнаних крокуючим ходом, на слабких ґрунтах. Згідно, з проведеними дослідженнями залежності коефіцієнта зчеплення від форми опорної поверхні лижі крокуючого рушія було визначено, що при використанні опорних елементів шевронної форми коефіцієнта зчеплення збільшується в 1,5 рази.

Перелік використаних джерел

1. Крупко І.В. «Обґрунтування параметрів чотирьохопорних механізмів крокування одноківшових екскаваторів». Спеціальність 05.05.06 – Гірничі машини, 2011 рік.
2. Пат. Україна, МПК E02F 3/00. Крокуючий механізм / Крупко І.В., Пенчук В.О., Сіменченко А.К.; заявник і патентовласник ДДМА. – № у 201009174; заявл. 21.07.2010.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-61>

**JUSTIFICATION OF THE POSSIBLE AREA OF ADJUSTMENT
OF THE MINING WORKS MODE THAT ENSURES
THE ACHIEVEMENT OF THE SPECIFIED
ORE OPEN-PIT PRODUCTIVITY**

**ОБГРУНТУВАННЯ ОБЛАСТІ МОЖЛИВОГО РЕГУЛЮВАННЯ
РЕЖИМУ ГІРНИЧИХ РОБОТ,
ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ДОСЯГНЕННЯ ЗАДАНОЇ
ПРОДУКТИВНОСТІ КАР'ЄРУ ПО РУДІ**

Lutsenko S.O.

*PhD (Engineering), Associate
Professor, Kryvyi Rih National
University, Kryvyi Rih, Ukraine*

Луценко С.О.

*к.т.н., доцент,
Криворізький національний
університет, м. Кривий Ріг, Україна*

Bohdanov D.O.

*student,
Kryvyi Rih National University,
Kryvyi Rih, Ukraine*

Богданов Д.О.

*студент, Криворізький національний
університет,
м. Кривий Ріг, Україна*

Yakovenko S.V.

*student 184PKK-22-1м,
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Яковенко С.В.

*студент гр. 184PKK-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Systierov O.V.

*student 184PKK-22-1м,
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Систєров О.В.

*студент гр. 184PKK-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Продуктивність по руді є одним з основних параметрів кар'єру, що визначає економічні показники відкритої розробки будь-якого родовища корисних копалин. У сучасних економічних умовах, особливо на родовищах з великими запасами, найбільший економічний ефект досягається при виробничій потужності кар'єру, максимально можливій за гірничотехнічними факторами та умовами збуту продукції. Яка б не була потреба у корисній копалині, її прагнуть задовольнити з

мінімальними витратами на розкривні роботи. При проектуванні мають бути визначені чисельні значення параметрів елементів системи розробки, які повністю описують створення, розвиток та підтримку робочої зони кар'єру на такому рівні, що дозволяє забезпечити плановірність, ритмічність та надійність виконання розкривних та видобувних робіт. При цьому велике значення має вибір таких параметрів елементів системи розробки, як ширина робочих майданчиків та довжина активного фронту гірничих робіт. Виконаний аналіз досліджень у галузі визначення виробничої потужності кар'єру та запасів руди, готових до виймання. Показано, що існуючі методи визначення продуктивності кар'єру за гірничими можливостями враховують лише довжину активного фронту гірничих робіт, при цьому ширина робочого майданчика та її вплив на довжину фронту гірничих робіт не враховується. Зниження поточних коефіцієнтів розкриття можна досягти за рахунок зменшення ширини робочого майданчика до її мінімальної величини. При цьому вважають, що досягається максимальне значення продуктивності кар'єру по руді. Відомо, що збільшення ширини робочого майданчика призводить до зниження кількості робочих уступів, тобто до зниження продуктивності. Разом з тим, при роботі з мінімальною шириною робочого майданчика практично зникає резерв запасів корисних копалин і розкриття, готових до виймання. А враховуючи те, що режим гірничих робіт повинен забезпечити досягнення заданої продуктивності кар'єру по руді, виникають сумніви щодо можливості роботи кар'єру із заданою продуктивністю при мінімальній ширині робочого майданчика. Проектною практикою та багатьма дослідженнями доведено, що економічно доцільно продуктивність з корисних копалин та гірничої маси витримувати постійної протягом тривалих періодів роботи кар'єру. Тому виникає необхідність усереднення обсягів розкривних робіт за періодами розробки. Для цього в процесі роботи кар'єру необхідно регулювати кут укосу робочого борту. Велика увага багатьма вченими приділяється впливу кута укосу робочого борту кар'єру на об'єми робіт. При цьому не враховується вплив кута укосу робочого борту кар'єру на продуктивність по руді. Дослідження взаємозв'язку ширини робочого майданчика і довжини фронту гірничих робіт показали, що при мінімальному значенні ширини робочого майданчика довжина фронту гірничих робіт має максимальне значення, а обсяг готових до виймання запасів – мінімальне. У разі збільшення ширини робочого майданчика довжина активного фронту гірничих робіт зменшується, а запас руди готовий до виймання збільшується. Це говорить про те, що

продуктивність кар'єру повинна визначатися не тільки виходячи з максимальної інтенсивності розвитку гірничих робіт, але й з урахуванням взаємозв'язку ширини робочого майданчика та довжини активного фронту гірничих робіт, які забезпечують у кар'єрі необхідний обсяг готових до виймання запасів.

Обґрунтовано, що область можливих рішень щодо визначення та усереднення експлуатаційних коефіцієнтів розкриття має визначатися, виходячи з тих кутів нахилу робочого борту кар'єру, які забезпечують задану (планову) продуктивність по руді. При цьому, чим більша продуктивність по руді, тим менша область регулювання режиму гірничих робіт. Встановлено, що при визначенні області регулювання режиму гірничих робіт необхідно виходити не тільки з необхідних кутів укосу робочих бортів кар'єру, а й враховувати можливість досягнення заданої продуктивності кар'єру по руді. У загальному випадку область можливого регулювання режиму гірничих робіт обмежується на графіку $V = f(P)$ кривими, побудованими для випадків роботи кар'єру з шириною робочого майданчика, що забезпечує задану продуктивність по руді, виходячи з максимальної інтенсивності розвитку гірничих робіт та забезпеченості нормативів готових до виймання запасів. Доведено, що при розвитку гірничих робіт з мінімальною шириною робочого майданчика продуктивність кар'єру, виходячи з резерву готових до виймання запасів, буде значно нижчою за максимально можливе її значення.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-62>

EVALUATION OF THE CURRENT STATE OF THE MANAGEMENT SYSTEM OF THE MOTOR TRANSPORT SHOP

ОЦІНКА ПОТОЧНОГО СТАНУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АВТОТРАНСПОРТНИМ ЦЕХОМ

Mints O.Yu.

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

Мінц О.Ю.

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

Pinchuk O.M.

*student (group 051-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Пінчук О.М.

*студент гр. 051-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

У сучасних умовах управління автотранспортним цехом стає все важливішим завданням, яке потребує комплексного підходу та системної оцінки. Оцінка поточного стану системи управління автотранспортним цехом має велике значення для забезпечення ефективності та надійності функціонування цього ключового компонента логістичних ланцюгів підприємства. У даному дослідженні ми зосередимося на аналізі та оцінці важливих аспектів управління автотранспортним цехом та визначимо ключові напрями для підвищення ефективності цього процесу на прикладі ПРАТ «ІНГЗК». Для цього ми використовуємо фактичну інформацію про теперішній стан підприємства, існуючі дослідження та концептуальні підходи до управління ресурсами та фінансами автотранспортного цеху. Буде відзначено, що наш аналіз буде базуватися на джерелах, які висвітлюють актуальні питання управління автотранспортним цехом і надають практичні рекомендації щодо підвищення ефективності цього процесу.

1. **Загальний огляд автотранспортного цеху:** Аналіз поточного стану цеху, його функцій і завдань у контексті діяльності підприємства.

2. **Оцінка стану автопарку і робочого стану:** Аналіз технічного стану автопарку, включаючи робочий стан автомобілів, наявність

технічних несправностей і регулярність технічного обслуговування, та розгляд можливості використати досвіду підприємств групи.

3. **Управління ресурсами:** Оцінка використання ресурсів цеху, включаючи пальне, запасні частини і кадровий потенціал. Пальне як інструмент логістики, запасні частини як процес де відсутнє «пляшкової шийки», та кадровий функціонал як автоматизація.

4. **Фінансовий аналіз:** Визначення ефективності фінансового управління автотранспортним цехом, включаючи бюджетування та витрати.

5. **Оптимізація логістики і маршрутизація:** Аналіз схеми логістики, маршрутів та транспортних витрат з метою оптимізації ефективності.

Загальний аналіз стану системи управління автотранспортним цехом зможе підкреслити ряд важливих аспектів та можливих шляхів вдосконалення цього процесу. З урахуванням наявних відгуків від спеціалістів та досліджень з рекомендацій операційних поліпшень, що надходять від провідних експертів у цій галузі, будуть відзначені та відображені спостереження та пропозиції щодо поліпшення управління автотранспортним цехом. Базові аспекти з поліпшень будуть розглянуті згідно наявного у підприємства досвіду при автоматизації процесів у цеху технологічного автотранспорту.

Перелік використаних джерел

1. Гарасименко І. О. Управління автотранспортним цехом: сучасні тенденції та ефективність. Видавництво «Літера». 2019.
2. Петренко О. В. Оцінка використання ресурсів та фінансового стану автотранспортного цеху. Видавництво «Наукова думка». 2020.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-63>

RECLAMATION TECHNOLOGY OF AN OPEN-PIT SPACE WITH COMPLETED MINING OPERATIONS

ТЕХНОЛОГІЯ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ ВИВЕДЕНОГО З ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАР'ЄРУ

Pyzhyk A.M.

*PhD (Engineering), Associate
Professor, Kryvyi Rih National
University, Kryvyi Rih, Ukraine*

Пищик А.М.

*к.т.н., доцент,
Криворізький національний
університет, м. Кривий Ріг, Україна*

Krasulia O.O.

*student (group 184RKK-22-1м),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Красуля О. О.

*студентка гр. 184РКК-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Сучасне гірниче підприємство з видобування корисних копалин відкритим способом характеризується значними витратами земельних ресурсів. Так, наприклад, параметри земельного відводу гірничо-збагачувального комбінату ОАО «ПівдГЗК» на теперішній час складають 837 гектарів. Цей показник має ненабагато менше значення, а то і більше, відносно інших ГЗК Кривбасу. Під кар'єри, відвали, шламосховища задіяні тисячі гектарів сільськогосподарських земель, які в недалекій перспективі повинні бути повернені у народне господарство. Процес повернення земельних ресурсів, це комплекс проектних, гірничо-технологічних і біологічних питань, які необхідно враховувати і вирішувати ще до виведення гірничого підприємства з експлуатації. Слід відзначити, що весь комплекс робіт з гірничо-технологічної рекультивації не є матеріально прибутковим для підприємства. Відповідно вони повинні виконуватися з використанням сучасних високоефективних і економічних технологій.

Як свідчить практика, нині, при вирішенні питань гірничо-технологічної рекультивації, досить складним є питання відносно вибору технології розміщення гірських порід у виробленому просторі виведеного з експлуатації кар'єру. Геометричні параметри сучасних кар'єрів (глибина, ширина та довжина верхнього контуру) суттєво впливають на техніко-економічні показники цих робіт. Використання транспортної системи пов'язане з необхідністю вирішення комплексу

досить складних технологічних і організаційних питань. Постійно міняється форма траси для перевезення гірських порід у вироблений простір кар'єру, її план і профіль, відстань транспортування та ін. Як підсумок все це відбивається на досить високих значеннях економічних показників цих робіт.

Вирішенню питання по розробці високоефективної та економічної технології розміщення розкривних порід у виробленому просторі виведеного з експлуатації кар'єру присвячена велика кількість наукових і інженерних робіт, які в даний час використовуються на практиці.

Програма широкого використання ресурсозберігаючих та природоохоронних технологій реалізується гірничим департаментом ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Для розміщення розкривних порід, які виймаються у кар'єрі № 2біс, використовується вироблений простір виведеного з експлуатації кар'єру № 1. Принципова схема технології виконання даних робіт наведена на рис. 1.

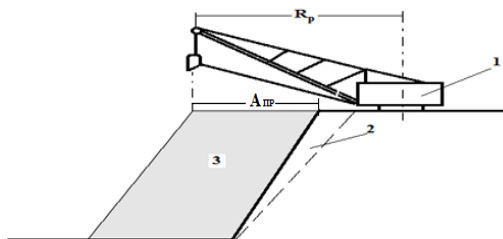


Рис. 1. Технологія розміщення розкривних порід у вироблений простір кар'єру за допомогою драглайну: 1 – драглайн; 2 – призма можливого обрушення гірського масиву; 3 – розкривні породи, які розміщені у виробленому просторі драглайном

На відмову від вище наведених технологій це рішення не потребує досить складних спеціальних пристроїв, воно базується на використанні типового гірничо-технологічного обладнання. Але, як свідчить практика, на ефективність її використання істотно впливає співвідношення робочих параметрів драглайну та параметрів кар'єру: глибина, ширина та довжина верхнього контуру та ін. Під час розміщення гірської породи у виробленому просторі, на борту кар'єру формується призма, параметри якої (ширина по верху $A_{пр}$) будуть визначати повноту заповнення виробленого простору. Розташовувати драглайн на покрівлі даної призми заборонено з причини її можливого обвалення. Дана технологія для кожної марки драглайну має свої граничні параметри, які визначаються максимальним радіусом розвантаження екскаватора (R_p). Для збільшення повноти заповнення

виробленого простору кар'єру слід використовувати драглайн з більшими робочими параметрами, що пов'язане зі значними капітальними витратами.

При використанні технологічного рішення, що пропонується, роботи по розміщенню розкривних порід у виробленому просторі кар'єру виконуються з високим рівнем техніко-економічних показників. Не виникає потреби використовувати спеціалізоване обладнання, виключається залежність ефективності заповнення простору кар'єру від параметрів технологічного обладнання, значно скорочується час виконання робіт. Основною перевагою пропонованої технології є використання енергії направленої вибуху на скидання.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-64>

IMPROVEMENT OF THE CURRENT REGULATORY FRAMEWORK OF COAL MINING ENTERPRISES

УДОСКОНАЛЕННЯ ЧИННОЇ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ВУГЛЕДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Piliuhyn V.I.

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

Пілюгин В.І.

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

Kamenets V.I.

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

Каменець В.І.

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

Anhelovskyi O.A.

*PhD (Engineering), Director, SSU
Dniprovsk Mine Administration
of DTEK Pavlohradvuhillya PJSC,
Pavlohrad, Ukraine*

Ангеловський О.А.

*к.т.н., директор, ВСП
«Шахтоуправління Дніпровське»
ДТЕК «Павлоградвугілля»,
м. Павлоград, Україна*

Останніми роками спостерігається тенденція істотного підвищення операційної ефективності роботи вугледобувних підприємств. Це виражається у збільшенні річних обсягів видобутку шахт при загальному зниженні числа діючих очисних і підготовчих вибоїв. Інтенсифікація ведення гірничих робіт є наслідком застосування нової високопродуктивної техніки, яка, з одного боку, забезпечує умови для

зростання продуктивності праці, а з іншого, вимагає швидкої окупності витрат. Усе це призводить до необхідності прискорення в ухваленні науково обґрунтованих технічних рішень, а, отже, до перегляду системи проектування виробничих технологічних процесів.

У вугільній галузі традиційно використовувалося і досі використовується дворівневе проектування. Його суть полягає в тому, що великі проекти з розкרוювання та підготовки запасів шахт здійснюють спеціалізовані проектні організації, а так звані робочі проекти або паспорти ведення гірничих робіт розробляють фахівці підприємств (шахтоуправління, шахт). Функціонування обох рівнів регламентується нормативною базою, центральне місце в якій посідають галузеві стандарти проектування або СОУ. На сьогодні вони диктують «правила гри» за основними напрямками гірничого виробництва, а саме, кріплення [1], вентиляція [2], очисні роботи [3], охорона праці тощо..

Поточний стан і прогнозні оцінки на середньострокову перспективу свідчать, що для розвитку вугледобувних підприємств доцільним є посилення системи робочого проектування технологічних процесів. Це зумовлено тим, що фахівці конкретного підприємства часто краще за класичних проектувальників розуміють особливості генезису родовища, що розробляється, бачать можливості розвитку дільниць і шахти загалом. Важливою перевагою виробничих проектувальників, також, є наявність «зворотного зв'язку» у вигляді швидкого отримання і можливості аналізу конкретних результатів своєї діяльності. Таким чином, загальна ситуація актуалізує зростання активності виробничого проектування і, відповідно, формування нормативної бази підприємств.

Стандарт підприємства (СТП) – це нормативний документ, заснований на профільному галузевому стандарті, який розкриває алгоритм розв'язання технічної проблеми стосовно умов конкретного шахтоуправління або шахти. По суті справи, стандарт підприємства являє собою частину СОУ, яка безпосередньо стосується цієї шахти (ШУ). Стандарт підприємства проходить експертизу в організації, яка спеціалізується за відповідним напрямом проектування.

У компанії ДТЕК Енерго, як на рівні департаментів системи управління, так і на вугледобувних шахтах ведеться системна робота з розроблення стандартів підприємств. Основна увага і ресурси спрямовані на формування правил для реалізації більш ефективних технологічних рішень з питань кріплення гірничих виробок, їхнього розташування, застосування інноваційних матеріалів у шахтах, повторного використання профілю СВП, що був у вжитку, проведення монтажних (демонтажних) виробок, провітрювання виїмкових ділянок і т. д. Наразі розроблено, підписано та введено в роботу 6 стандартів за вказаними напрямками.

Також розробка та впровадження стандартів підприємства щодо виконання низки технологічних процесів та охорони праці активно ведеться на гірничодобувних активах Метінвест Холдингу, зокрема, ПРАТ «Шахтоуправління «Покровське»

Перелік використаних джерел

1. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони / СОУ 10.1-00185790-001:2007, К.: 2007. 114 с.
2. Дегазація вугільних шахт / СОУ 10.1.00174088-001-2004, К.: 2004, 113 с.
3. Управління покрівлею і кріплення в очисних вибоях на вугільних пластах з кутом падіння до 350 / СОУ-П 10.1-00185790-020:2012, Д.: 2012, 150 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-65>

THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE DEVELOPMENT OF THE IRON ORE INDUSTRY IN UKRAINE

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗОРУДНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Romanenko A.O.

*PhD (Engineering), Mine surveyor
engineer of the rock movement
monitoring, Private joint-stock company
Central Mining and Concentration Plant,
Kryvyi Rih, Ukraine;
student (group 122-23-1M),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Романенко А.О.

*к.т.н., маркшейдер кар'єру
по нагляду за здвигом гірничих порід,
ПРАТ «Центральний гірничо-
збагачувальний комбінат»,
м. Кривий Ріг, Україна;
студент гр. 122-23-1М,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Ukraine achieved the status of a leading producer of iron ore raw materials by February 22, 2022, demonstrating a high level of iron ore production despite technical challenges.

Ukraine possesses a significant raw material base, including magnetite and oxidized quartzites, which are crucial for the mining and metallurgical industry. However, it is essential to use these resources rationally and address

environmental and technological challenges. Technogenic deposits, as part of the raw material base, contain diverse materials for further utilization. Maintaining a balance between extracting valuable minerals and preserving ecosystems is crucial for sustainable development.

According to the State Geological Survey of Ukraine, the total explored balance reserves of iron ore in the country are approximately 20.9 billion tons, indicating a powerful potential for development [1]. Among them, 11 billion tons are ready for exploitation, ensuring the industry's stability for approximately 65 years. Additionally, according to the State Enterprise «Geoinformation of Ukraine» (SE «Geoinform Ukraine») data for the beginning of 2021, the balance reserves of iron ore amounted to 18,065.04 million tons, representing a significant quantity of iron ore resources with considerable potential for further exploration and extraction [2].

Technogenic deposits, such as tailings, are an essential part of the raw material base, containing diverse materials for further utilization. It is crucial to maintain a balance between extracting valuable minerals and preserving ecosystems for sustainable development.

The goal is to identify development priorities and propose measures to improve the situation in the mining industry and enhance the competitiveness of Ukraine's mining complex, taking into account current trends and sustainable development requirements.

Key methods and approaches used for investigating the optimization of production capacities of mining enterprises and ensuring the industry's stable development include research and analysis utilization; innovation and technology; environmental and social responsibility; rational resource use and strategic planning; investments and partnerships; organizational and technical measures; sustainable development and export; challenges of modern mining; difficulties and prospects.

As a result of the conducted research, key factors ensuring sustainable and effective development of the industry have been identified: state support for sustainable development; a research program for the Kryvyi Rih iron ore basin; a strategy for prospective development; strengthened state regulation; joint projects and technical adaptation; support for innovation; a favorable investment climate. These factors aim to comprehensively address the challenges of the mining complex, improve the state of the raw material base, and enhance the efficiency of natural resource utilization. The task is a collaborative implementation of these measures by government bodies, businesses, and research institutions to achieve sustainable development of the industry and support the overall prosperity of the country.

Bibliography

1. Офіційний сайт Державної служби геології та надр України. URL: <https://www.geo.gov.ua/?s=%D0%91%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%96+%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%B8+%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D1%97+%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8>, (Accessed 06 October 2023).
2. Портал даних видобувної галузі України. URL: <https://www.eiti.gov.ua/resursi-rozvidka-ta-vidobuvannya/rudi-zaliza/>, (Accessed 06 October 2023).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-66>

PROSPECTIVE WAYS OF INCREASING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF UKRAINIAN COAL MINES: CASE STUDY PRJSC POKROVSKE COLLIERY

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ УКРАЇНИ, НА ПРИКЛАДІ ПРАТ Ш/У ПОКРОВСЬКЕ

Sakhno I.G.

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

Сахно І.Г.

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

Sakhno S.V.

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

Сахно С.В.

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

Енергетична криза в Європі, що викликана війною в Україні, призвела до корінного перегляду концептуальних засад створення енергетичної стабільності в світі. Диверсифікація енергетичних джерел і потоків призвела до зміни логістичних ланок, балансу ресурсів, що продукують електричну енергію. Теплова генерація з «зелених» джерел

в найближчий час не в змозі забезпечити потреби населення. Саме тому знов актуальним стає використання органічних мінеральних ресурсів, і, насамперед, вугілля. Це підтверджується зростанням світового рівня видобутку і споживання вугілля.

Зазначені проблеми напряму стосуються України, а енергетична залежність держави ще більше загострює це питання. Враховуючи наявність великої кількості власних ресурсів вугілля при недостатніх запасах нафти і газу, а також низьких потужностях відновлювальних джерел енергії, можна дійти висновку, що в найближчій перспективі лише вугілля може забезпечити енергетичну незалежність країни. Щодо затребуваності коксівного вугілля, то в найближчі роки, не дивлячись на активний розвиток «зеленої» металургії, альтернатив його використання в Україні не передбачається.

Шахтоуправління «Покровське», що входить до активів «Метінвест Покровськвугілля» є кращим вуглевидобуваючим підприємством України і забезпечує близько 30% видобутку вугілля. Проектні роботи на підприємстві ведуться в руслі сучасних світових тенденцій, з використанням стратегічних рішень достатньої глибини і перспективи. В шахті використовується сучасна техніка, в тому числі від світових брендів гірничої машинобудівної індустрії. В цих напрямках «вузьких місць» підприємство не має. Однак, стратегія «безперервних покращень», яка є концептуальною засадою менеджменту на підприємствах Групи Метінвест, вимагає постійного покращення операційної ефективності.

Основними викликами, пов'язаними з операційним менеджментом шахт, згідно з дослідженнями Дітера Гертнера та ін. [1] є в першу чергу необхідність гнучкого і швидкого реагування на зміни і ефективного управління простоями.

Дослідження [1], показало, що ефективність експлуатації вуглевидобувного підприємства визначається як «зовнішніми» факторами, такими як геополітичні процеси, світові енергетичні тренди, запит електростанцій і заводів, так і «внутрішніми» факторами, такими як геологія, технологія робіт, планування гірничих робіт, логістика і управління складами. Оскільки зовнішні фактори є некерованими, для підвищення операційної ефективності шахт необхідно оптимізувати процеси видобутку корисних копалин, підвищувати їх гнучкість, шукати резерви подальшого скорочення витрат без втрат якості, продуктивності і безпеки.

Оптимізація процесів видобутку передбачає скорочення планових і позапланових зупинок і збільшення коефіцієнта машинного часу

очисного обладнання. Попит на вугілля має коливальний характер, тому збільшення гнучкості в першу чергу означає скорочення часу відгуку, оперативну оцінку дії реагування з огляду на її вплив на інші поточні і планові процеси та планування простоїв. Резерви скорочення витрат криються як в організаційних рішеннях (удосконалення системи ремонту обладнання власними силами, підвищення ресурсу машин і механізмів за рахунок якісного обслуговування і моніторингу роботи і т. ін.) так і в інжинірингових.

Автори статті [2] описують два основні рішення, що реалізуються в зазначених вище напрямках на Рейнських родовищах вугілля:

- системи керування виїмковими машинами;
- системи відстеження і управління транспортними потоками.

Для умов українських шахт значним резервом зниження витрат є повторне використання дільничних виробок [3, 4] і зниження обмеження видобутку по газовому чиннику, що може бути забезпечено охороною виробок литими смугами і використанням комбінованих систем розробки з прямооточним провітрюванням.

Таким чином, проведений аналіз дозволяє визначити наступні перспективні напрямки підвищення операційної ефективності (без врахування управлінських і менеджерсько-організаційних рішень):

- скорочення планових втрат часу (простоїв) і непланових втрат (аварійних простоїв) очисного обладнання;
- оптимізація логістичних ланцюгів і транспортних потоків;
- скорочення споживання електричної енергії на виїмковій дільниці і зниження зносу обладнання;
- максимальне використання внутрішніх резервів для ремонту обладнання та подовження його ресурсу;
- оптимізація технологічної схеми очисних робіт.

В умовах воєнного часу, очевидно, основною метою підприємства є збереження ресурсної бази, кадрового потенціалу, робочого стану основних систем з одночасною мінімізацією капітальних витрат, виплат зовнішнім підрядним організаціям і т. ін. В таких умовах актуальності набувають заходи, що ґрунтуються на принципах «ощадливого виробництва», а інноваційні проєкти, що потребують значних інвестицій приречені на заморожування.

Тому світові тенденції скорочення простоїв очисного обладнання і споживання електроенергії на виїмковій дільниці за допомогою: підвищення рівня автоматизації (щонайменше до SCADA системи); впровадження систем автоматизованого управління механізованим кріпленням, блоків керування з людино-машинний інтерфейсом;

використання конвеєрів з частотно-регульованими приводами – зараз не на часі.

Проте достатньо перспективним є розробка заходів, що забезпечують повторне використання дільничних виробок. Позитивний досвід впровадження подібних технологічних рішень за рахунок комбінованих кріпильних систем, що включають литі смуги з Бі-кріплення, сталевополімерні і канатні анкери і піддатливе рамне кріплення на ш/у «Покровське» є. Масштабування цього досвіду дозволить отримати ефективний резерв підвищення операційної ефективності вугільних шахт України.

Перелік використаних джерел

1. Gärtner, D., Hempel, R. Rosenberg H. Operations management systems in RWE Power AG's opencast mines World of Mining – Surface & Underground. 2013 (65). №. 6. P. 2–11.
2. Gärtner, D. & Hempel, R. Überwachung und Steuerung der Prozesse in den Braunkohlentagebauen im Rheinland. – Der Braunkohlentagebau; Springer-Verlag. 2009. P. 391–408.
3. Sakhno, I., Sakhno, S., & Vovna, O. (2020). Assessing a risk of roof fall in the development mine workings in the process of longwall coal mining in terms of Ukrainian mines. Mining of Mineral Deposits, 14(1), 72–80. <https://doi.org/10.33271/mining14.01.072>
4. Sakhno, I. G., Sakhno, S. V., & Kamenets, V. I. (2022). Stress environment around head entries with pillarless gobside entry retaining through numerical simulation incorporating the two type of filling wall. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1049(1), 012011.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-67>

IRON ORE MINING'S MATERIAL FLOW

МАТЕРІАЛЬНІ ПОТОКИ, ЩО СУПРОВОДЖУЮТЬ ВИДОБУТОК ЗАЛІЗНОЇ РУДИ ШАХТНИМ СПОСОБОМ

Cherevatskyi D.Yu.

*DSc (Economics), Head of the
Department, Institute of Industrial
Economics of the National Academy
of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Череватський Д.Ю.

*д.е.н., зав. відділом, Інститут
економіки промисловості
Національної академії наук України,
м. Київ, Україна*

Bash V.O.

*PhD Student, Institute of Industrial
Economics of the National Academy
of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Баш В.О.

*аспірант, Інститут економіки
промисловості Національної академії
наук України, м. Київ, Україна*

Bojko O.V.

*PhD Student, Institute of Industrial
Economics of the National Academy
of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Бойко О.В.

*аспірантка, Інститут економіки
промисловості Національної академії
наук України, м. Київ, Україна*

Витрати матеріалів як правило набагато перевищують масу готової продукції. Так, через наявність продуктів проміжного споживання валовий випуск (Gross Output) за обсягом є набагато більшим, ніж валовий внутрішній продукт (GDP), – у США, наприклад, цей показник більше в 1,8 рази [1]. Зазначене спонукало німецького науковця з Вуперталю Фрідріха Шмідта-Бліка (F. Schmidt-Bleek) у 1992 році запропонувати поняття екологічного рюкзака (Ecological backpack, Ecological rucksack) [2] як характеристику прихованих матеріальних потоків. Це стало основою методу калькуляції й аналізу потоків витрат енергетичних та матеріальних ресурсів (MFA), який на тлі ідеології сталого розвитку набув поширення, про що свідчать чисельні публікації, зокрема [3, 4, 5].

Незважаючи на прагнення якомога більшого удосконалення методології, що демонструють праці різних періодів [6, 7, 8], в роботі [9] відмічено, що міжнародного стандартизованого підходу та методу розрахунку насиченості продуктів сировиною не існує і до сьогодні. Саме це обумовило мету дослідження, якою є визначення наповненості екологічного рюкзака української залізної руди, видобутої шахтним способом.

Розробка родовищ залізної руди в Україні здійснюється в Полтавській, Дніпропетровській і Запорізькій областях. Співвідношення видобутку відкритим і підземним способом складає 3:1.

Дослідження виконано на прикладі реально діючого підприємства ПрАТ «Суша Балка» з міста Кривий Ріг, Україна, із застосуванням методу багаторічних спостережень за діяльністю підприємства (2000–2021 рр.).

ПрАТ «Суша балка» є підприємством з суто підземним способом виробництва, яке функціонує вже понад 100 років. У складі рудника знаходяться дві шахти: «Ювілейна» з виробничою потужністю 2250 тис. т на рік та імені Фрунзе – 1050 тис. т аглоруди на рік. Очисні роботи ведуться на великих глибинах – гор. 1420 м по шахті «Ювілейна» і 1135–1210 м по шахті ім. Фрунзе.

Діяльність ПрАТ «Суша балка» як рудовидобувного підприємства характеризують дані, що наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Показники діяльності ПрАТ «Суша балка» з видобутку руди

Показник	Од. виміру	Макс. значення	Мін. значення	Математичне очікування
Річний обсяг видобутку руди	тис. т	3640,0	1905,0	3151,0
Річне споживання біотичних матеріалів, зокрема лісоматеріалів	тис. т (тис. м ³)	7,1 (8,4)	2,2 (2,6)	4,4 (5,2)
Річне споживання абіотичних матеріалів, зокрема:	тис. т	35,3	21,4	26,3
вибухові речовини	тис. т	2,2	1,2	1,7
металева кріплення	тис. т	2,6	0,6	1,4
рельси	тис. т	0,9	1,7	0,4
бетон	тис. т	11,9	0,8	4,8
електроенергія	тис. т у п. (ГВт-год)	19,6 (159)	11,4 (93)	16,4 (133)
паливо (природний газ)	тис. т	4,1	1,5	3,1
Річне споживання повітря, зокрема:	тис. т			17460,0
стиснене повітря	тис. т (тис. м ³)	3730,0 (578318)	1719,0 (266570)	2784,0 (431682)
вентиляційне шахтне повітря	тис. т (м ³ /с)			14676,0 (388)
Річна переробка шахтної води	тис. т	2255,0	1577,0	1778,0
Річне переміщення ґрунтів (порода)	тис. т	616,0	180,0	415,0

Рудник, як видно, є підприємством з відносно незначним споживанням біотичних матеріалів.

Фактор повітря в цілому є сумою шахтних вентиляційних потоків та обсягів стисненого (компримованого) повітря. Характеристика стисненого повітря міститься у табл. 1. Річні обсяги вентиляційних потоків розраховано з того, що вентилятори головного провітрювання шахт з видобутку руди, які належать ПрАТ «Суша Балка», працюють таким чином: шахта «Ювілейна» – вбирання повітря в систему 204,4 м³/сек, видача системою 247,0 м³/сек; шахта ім. Фрунзе при нормальній роботі вбирає 109,6 м³/сек, видає – 140,8 м³/сек. Калькуляція переробленого повітря – за кількістю видачі вентиляційною системою.

Табл. 2 є узагальненням даних табл. 1 і містить питомі відповідно до обсягів видобутку руди відомості щодо факторів рюкзак.

Таблиця 2

Питомі значення факторів екологічного рюкзак кг/т

Фактор	Макс. значення	Мін. значення	Математичне очікування	Довірчий інтервал з вірогідністю 0,95
Біотичні матеріали	2,1	0,8	1,4	0,2
Абіотичні матеріали	11,6	6,5	8,5	0,7
Вода	943,0	445,9	579,3	54,5
Повітря	8861,3	4652,4	5661,4	397,1
Порода	182,5	94,4	131,1	10,6

Як видно, українські підприємства з видобування залізної руди шахтним способом де-факто є підприємствами з переробки повітря та видобутку води і породи, причому більш потужними (повітря), ніж за призначеним видом діяльності.

Перелік використаних джерел

1. Measuring Gross Output. URL: https://www.jec.senate.gov/public/_cache/files/b2d2e244-ec8c-40e4-bb0d-599580a9291f/measuring-gross-output-4-29-14.pdf.
2. 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.
3. Bringezu S., Yuichi M. Material flow analysis. Green accounting. Routledge. 2018. P. 149-166.

4. Laner D., Rechberger H., Astrup T. Systematic evaluation of uncertainty in material flow analysis. *Journal of Industrial Ecology*. 2014. 18(6). P. 859-870.
5. Brunner P. H., Rechberger H. Handbook of material flow analysis: For environmental, resource, and waste engineers. CRC press. 2016.
6. Ritthoff M., Rohn H., Liedtke C. Calculating MIPS: Resource productivity of products and services. 2002. P. 56.
7. Wiesen K., Saurat M., Lettenmeier M. Calculating the Material Input per Service Unit using the Ecoinvent database. *International Journal of Performability Engineering*. 2014. vol. 10, no. 4. P. 357-366.
8. Laakso S., Lettenmeier M. Household-level transition methodology towards sustainable material footprints. *Journal of Cleaner Production*. 2016. 132. P. 184-191.
9. Mostert C., Bringezu S. Measuring Product Material Footprint as New Life Cycle Impact Assessment Method: Indicators and Abiotic Characterization Factors. *Resources*. 2019. 8(2):61. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources8020061>.

SOFTWARE AND INFORMATION SUPPORT FOR COMPUTERIZED SYSTEMS OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-68>

JUSTIFICATION FOR THE DEVELOPMENT OF A SOFTWARE SYSTEM FOR DETERMINING THE QUALITY CHARACTERISTICS OF SCRAP METAL USING COMPUTER VISION TECHNOLOGY

ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛОБРУХТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Andriieienkov A.V.
master,
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine

Андрєєнков А.В.
магістр,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна

Зміцнення України у воєнний час та її відбудова після війни потребує активізації зусиль щодо підтримки, стабілізації та розвитку економіки, зокрема у галузях металургії, енергетики та будівництві.

Металургійне виробництво потребує якісної сировини. До стратегічної сировини металургійних підприємств відноситься брухт чорних металів, який повинен відповідати вимогам якості та безпечності. Вимоги щодо металобрухту визначаються Національним стандартом «Метали чорні вторинні. Загальні технічні умови», ДСТУ 4121-2002 [1]. Відповідно до стандарту у металобрухті не повинно бути вибухонебезпечних речовин. У разі знаходження незнешкоджених боєприпасів, посудин з невідомим вмістом тощо подальшу роботу з металобрухтом потрібно призупинити.

Через проведення військових дій на території України значно збільшується ризик постачання разом з металобрухтом заборонених

видів та фрагментів (вибухонебезпечних, конверсійних). Для вирішення цієї проблеми необхідна розробка та впровадження механізму ефективного контролю й профілактики на усіх виробничих ланцюгах – від заготівлі та переробки до використання брухту у виробництві. Також до реалізації цього механізму повинні залучатися усі суб'єкти ринку – від заготівельників та постачальників до споживачів.

Для реалізації контролю металобрухту споживачами виникає необхідність своєчасного (тобто безпосередньо під час вивантаження сировини із транспортного засобу) виявлення заборонених видів і фрагментів, потрапляння яких до металургійної переробки може спричинити потенційні ризики завдання шкоди життю, здоров'ю працівників та майнової шкоди обладнанню.

Інша проблема пов'язана із особливістю ринку металобрухту та процесами його комерційного приймання. Зазвичай, рішення про фактичний вид та засміченість металобрухту приймається комісією, проте не виключена суб'єктивність оцінки або її невідповідність. Отже, виникає необхідність формування інструменту додаткових рекомендацій щодо виду та засміченості металобрухту в процесі його комерційного приймання.

Вирішенням наведених проблем може стати впровадження у процес оцінки металобрухту системи встановлення якісних характеристик за допомогою технології комп'ютерного зору. На даний час металургійні підприємства України не мають таких систем. Передбачається, що система в автоматичному режимі здійснюватиме спостереження за процесом вивантаження металобрухту із транспортного засобу та буде:

- виконувати ідентифікацію заборонених фрагментів.

Передбачається створення технології комп'ютерного зору;

- здійснювати оповіщення про виявлення заборонених фрагментів. Після отримання сигналу оператор приймає рішення щодо зупинення вивантаження та вилучення заборонених предметів;

- виконувати оцінку якісних характеристик металобрухту. Передбачається створення нейронної мережі з використанням алгоритмів глибокого навчання;

- надавати рекомендацію про засміченість брухту. Ці рекомендації як основний інструмент (без участі експертної комісії) або як додатковий інструмент до оцінки комісії можуть використовуватися для подальшого прийняття рішення щодо якості металобрухту.

На рис. 1 представлена контекстна діаграма системи в нотатції IDEF0.

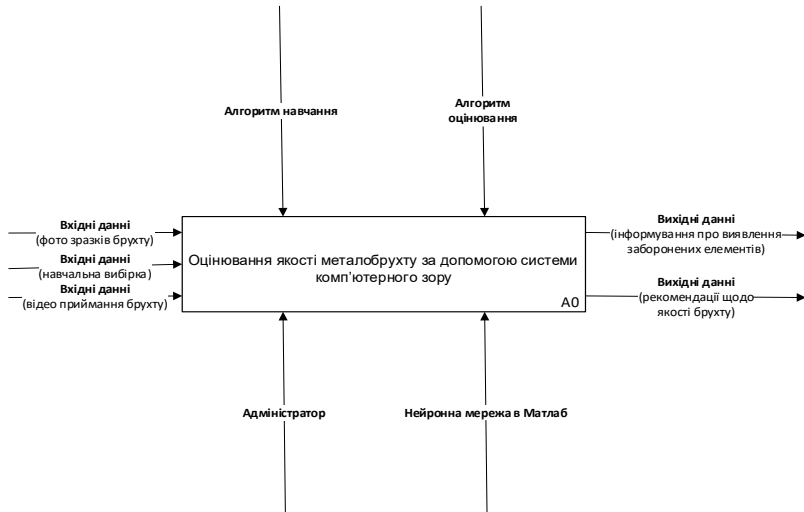


Рис. 1. Контекстна діаграма системи встановлення якісних характеристик металобрухту

Перелік використаних джерел

1. Національний стандарт України ДСТУ 4121-2002 «Метали чорні вторинні. Загальні технічні умови», затверджений наказом Держстандарту України № 516 від 30.09.2002 р. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56520

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-69>

**STUDY OF THE ADVANTAGES OF THE COMBINATION
OF PREDICATE LOGIC, FUZZY C-MEANS
AND THE ONTOLOGICAL MODEL TO INCREASE
THE EFFICIENCY OF DATA PROCESSING
IN ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL COMPLEXES**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВАГ ПОЄДНАННЯ ЛОГІКИ
ПРЕДИКАТИВ, FUZZY C-MEANS ТА ОНТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ДАНИХ
В ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ**

Balabolko O.R.

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

Балаболко О.Р.

*аспірантка, Донбаська державна
машинобудівна академія,
м. Тернопіль, Україна*

Sahaida P.I.

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

Сагайда П.І.

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

Для інформаційної підтримки роботи систем автоматизованих технічних процесів важливим є використання моделей функціонування предметної області, які можуть бути витягнуті з інформаційних баз даних.

Метою статті є дослідження сучасного стану методів інтелектуальної обробки даних (ІОД), що в майбутньому допоможе підвищити якість і результативність обробки даних та забезпечити системний ефект від використання інформаційно-керуючих систем на основі комп'ютерно-інтегрованих технологій в організаційно-технічних комплексах (ОТК).

Ефективне здобуття та використання прихованих залежностей з накопичених даних за допомогою методів інженерії знань і онтологічного підходу є головним інструментом для моделювання предметної області та розробки програмних компонентів інформаційно-керуючих систем.

При цьому знання відокремлюється від алгоритмічно-програмних засобів бізнес-логіки, та представляється на відповідних мовах опису у вигляді онтологічних моделей.

Сполучення онтологічної моделі OWL-RDF з базою правил, що характеризують особливості застосування методів і алгоритмів інформаційної обробки даних (ІОД), виконання запитів на SPARQL та SWRL до побудованої бази знань на предметно-орієнтованих мовах для підтримки вибору методів ІОД і способів їх застосування дозволить систематизувати знання, отримані з різних джерел, та уніфікувати процеси обробки даних, що є актуальною задачею.

Для написання даної статті були розглянуті такі математичні моделі, як логіка предикатів, байєсові мережі, машинне навчання, графові моделі, кластеризація.

Після проведення оцінки математичних моделей за критеріями адекватності, універсальності та економічності для подальшої роботи було обрано наступні інструменти:

- Кластеризаційний метод середніх полів (Fuzzy C-means). При цьому головним критерієм відбору слугувало те, що у цьому методі кожен об'єкт може належати до кожного кластера з певною ймовірністю. Замість того, щоб призначати об'єкти одному кластеру, Fuzzy C-means (FCM) призначає кожному об'єкту вагу асоціації з кожним кластером. Цей метод корисний, коли об'єкти можуть належати до декількох кластерів одночасно [1];

- Онтологічний підхід машинного навчання. Використання різних мов та форматів, таких як OWL (Web Ontology Language) та RDF (Resource Description Framework), дозволяє формалізувати знання та створювати міжоперабельні моделі [2];

- Логіка предикатів, що дозволяє точно та ефективно виражати різноманітні відносини та властивості між об'єктами.

Отже, за допомогою поєднання логіки предикатів, FCM та онтологічної моделі ми отримуємо наступні переваги:

- Гнучкість, обумовлена наявністю логіки предикатів, допомагає використовувати нечіткі відношення та ступені належності для більш точного вираження неоднозначності та невизначеності в даних;

- Контроль ступеня належності досягається через використання FCM. Ступінь належності, який використовується у FCM, може бути використаний для кількісного виразу ступеня задоволення логічних висловлювань у логіці предикатів;

- За допомогою комбінації семантики та кластеризації онтологічна модель дозволяє виразити семантику даних, а FCM забезпечує

групування об'єктів на основі їх схожості, що дозволяє отримати більш глибоке розуміння та аналіз даних.

У подальшому вищезазначені переваги будуть використані для підвищення ефективності обробки даних в організаційно-технічних комплексах.

Перелік використаних джерел

1. Akanksha Agrawal, Tanmay Inamdar, Saket Saurabh, Jie Xue, «Clustering what Matters: Optimal Approximation for Clustering with Outliers.» Journal of Artificial Intelligence Research. vol 78 (2023). pp. 143–166. DOI: <https://doi.org/10.1613/jair.1.14883>.
2. Natalia F. Noy, Asunción Gómez-Pérez (ред.), «Ontology Engineering in a Networked World.» 2015. 10(2):107-145. DOI:10.3233/AO-150145

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-70>

ANALYSIS OF METHODS AND MODELS FOR DESIGNING A BUDGETARY CONTROL SYSTEM

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ БЮДЖЕТНИХ КОНТРОЛЕЙ

Bugaiets I.V.

*student (group 122-22-2m),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Бугаєць Я.В.

*студентка гр. 122-22-2м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Sahaida P.I.

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

Сагайда П.І.

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

Моделі та методи проектування програмних компонентів системи бюджетного контролю для систем ERP (Enterprise Resource Planning) є ключовими аспектами розробки ефективної інформаційної системи для

фінансового управління підприємством або групою підприємств. Такі системи дозволяють контролювати та аналізувати фінансові дані, планувати бюджети, відстежувати витрати та більш ефективно управляти фінансами підприємства.

Бізнес-процеси «Бюджетні контролю» та «Контролінг» є важливою ланкою крос-функціональної взаємодії та базою для отримання, обробки, аналізу та акцентування даних, що впливають на прийняття управлінських рішень.

Більшість підприємств в українському бізнес-середовищі після встановлення та опанування користувачами систем ERP, стикаються з дефіцитами запропонованих рішень та необхідністю вдосконалення програмних компонентів згідно вимог конкретного бізнесу навіть не зважаючи на наявність в системі ERP спеціалізованих компонентів для специфічних галузей.

Це зумовлено не тільки відмінностями в умовах ведення бізнесу, але й моделями поведінки користувачів. Користувачі знаходять варіанти порушення вбудованих інструментів контролю. Часто це супроводжується плануванням процесів поза системою ERP. Як приклад можна навести процес «актуалізації планів ремонтів обладнання», коли щомісячна актуалізація відбувається в інструментах MS Office без коригування планових даних в системі ERP, тощо.

Основні аспекти моделювання та проектування дефіцитів системи бюджетного контролю для ERP включають наступні етапи:

1. Формування бізнес-вимог. Цей етап включає консультації та погодження ідей з власниками інших бізнес-процесів, консультації з внутрішніми або зовнішніми експертами з функціонування системи ERP, консультування з розробниками програмного забезпечення.

2. Коригування вимог з урахуванням можливостей системи для досягнення поставленої мети.

3. Затвердження бізнес-вимог.

4. Створення алгоритмів або математичних моделей.

5. Розробка UML-діаграми процесу.

6. Розробка компонентів програмного забезпечення.

7. Тестування, що включає в себе тестування різних сценаріїв для оцінки впливу на інші функції.

8. Доробка для відповідності вимогам власника ідеї (product-owner).

9. Впровадження.

Для цього використовуються загальновідомі методи, такі як:

- Аналіз вузьких місць (Bottleneck Analysis),

- Оптимізація алгоритмів,
- Реінжиніринг процесів (Business Process Reengineering – BPR),
- Аналітика даних, Big Data,
- Інтеграція системи ERP з іншими системами (наприклад, аналітичний модуль як вбудоване налаштування MS Excel чи дашбоди Power BI),
- Використання штучного інтелекту з роботизації процесів,
- Моделювання та прогнозування,
- Бенч-маркінг.

Моделі для моделювання та проектування програмних компонентів системи бюджетного контролю системи ERP:

- Модель управління ризиками (Risk Management Model). Ця модель допомагає ідентифікувати та оцінювати ризики, пов'язані з фінансовими операціями, виробляти стратегії управління ризиками для запобігання дефіцитам.

- Модель управління проектами (Project Management Model). Для впровадження програмних компонентів системи бюджетного контролю може використовуватися методика управління проектами, що допомагає контролювати терміни, витрати та якість розробки компонентів.

- Модель структурного аналізу (Structural Analysis Model). Ця модель використовується для аналізу структури програмних компонентів системи бюджетного контролю та їх взаємозв'язку з іншими системами.

- Модель інтеграції даних (Data Integration Model). Ця модель допомагає забезпечити збір, обробку та інтеграцію фінансових даних з різних джерел для подальшого аналізу та контролю.

- Модель візуалізації даних (Data Visualization Model). Використання графічних інструментів та візуалізації даних допомагає зрозуміти фінансову інформацію та сприяє прийняттю обґрунтованих рішень.

- Модель забезпечення якості (Quality Assurance Model). Для забезпечення якості програмних компонентів в системі бюджетного контролю застосовується модель контролю якості та тестування.

Таким чином, розробка програмно-методичних комплексів, які повинні усунути існуючі проблеми з дефіцитами бізнес-процесів «Бюджетні контролю», відіграє важливу роль в процесі вдосконалення та ефективного функціонування систем фінансового управління. Вона є невід'ємною частиною управління фінансами підприємств. Застосування відповідних моделей та методів допомагає покращити

ефективність управління фінансовими ресурсами та забезпечити оптимальний бюджетний контроль.

З урахуванням наведених тез заплановано вивчення можливості автоматизації процесу контролю бюджетів на основі інструментів Data Government з елементами роботизації ті висвітлення в відповідній дипломній роботі.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-71>

DIGITAL TWINS, INTELLIGENT SYSTEMS, AND ASSISTANTS

ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА АСИСТЕНТИ

Verbato K.Ye.

*Master's student in specialty 122
"Computer Sciences", LLC "Technical
university "Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Вербато К.Є.

*магістрант за спеціальністю 122
«Комп'ютерні науки»,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

З настанням Індустрії 5.0, все більше здійснюється взаємодія людей та інтелектуальних систем у сфері виробництва. Цифрові технології вирішують багато завдань щодо підвищення ефективності процесів у компаніях та інших сферах. К таким технологіям можливо віднести і технологію цифрового двійника (англ – Digital Twin), яка дозволяє вирішувати багато складних проблем. Як приклад, спростити процеси щодо промислового проектування; зрівнювати різні проекти та документи; шукати необхідну інформацію і надавати розгорнуті відповіді; створювати технічні відомості щодо коректної експлуатації об'єкта; прогнозувати відхилення та збої у роботі систем та приладів; збільшити ефективність персоналу.

Розглянемо більш детально, яка може бути архітектура програмної системи, котра реалізує цифрового двійника – інтелектуального асистента. Основними компонентами мають бути: модуль обробки мови для аналізу тексту та генерації відповідей; користувацький інтерфейс; модуль аналізу даних та їх збиранню; модуль генерації відповідей та

необхідних документів; модуль інтеграції для з'єднання різних компонентів системи.

Методи та області використання цифрового двійника описані у багатьох роботах вчених, таких як С. Грінгард [1], М. Грівз [2, 3], Е. Негрі, Д. Хіллел, Д. Ессекс [4], та інші.

Концепція цифрового двійника вперше була представлена Майклом Грівсом у 2002 році. Він запропонував модель, яка в подальшому стала основою управління життєвим циклом продукту [1]. Як наслідок, був зроблений висновок, що у найближчі роки такі технології, як цифрові двійники будуть впроваджені у юридичному секторі, секторі банківських послуг, сфері нерухомості, роздрібній торгівлі та страхуванні.

Як вказує Міжнародна рада системних інженерів (INCOSE) у своїй публікації у «Книги знань системної інженерії (SEBoK)» [5, с. 39] – цифровий двійник, є високоточною моделлю, що фактично може використовуватись для емуляції фактичної, або фізичної системи.

Отже, цифровий двійник – є ніщо інше, ніж віртуальне представлення сутності або процесу реального світу [4].

Висновки. Якщо ж наводити приклад у юридичному напрямку, впровадження цифрового двійника доцільно для автоматизації роботи юриста при виконанні рутинних завдань. Взаємодія цифрового двійника із базою даних, яка містить необхідну історичну та нормативно-правову інформацію щодо юридичних справ, з необхідними документами, щодо їх аналізу та створення, роботу з прецедентами та іншою корисною інформацією може надати потужний інструмент компанії, систематизувати та автоматизувати рутині процеси без необхідності залучання співробітників компанії.

Перелік використаних джерел

1. Greengard S. Digital Twins Grow Up. URL: <https://cacm.acm.org/news/238642-digital-twins-grow-up/fulltext>
2. Grieves M. Can the digital twin transform manufacturing. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2015/10/can-the-digital-twin-transform-manufacturing/>
3. Grieves M. Physical Twins, Digital Twins, and the Apollo Myth. URL: https://www.researchgate.net/publication/365872057_Physical_Twins_Digital_Twins_and_the_Apollo_Myth
4. Essex D. What is a digital twin and how does it work? URL: <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/digital-twin>

5. INCOSE, Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK), version 2.8. 2023. C. 1092. URL: https://sebokwiki.org/w/images/sebokwiki-farm!w/0/0a/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge.pdf
6. Як використовувати технологію. URL: <https://wezom.com.ua/ua/blog/digital-twins-kak-ispolzovat-tehnologiju-dvojniov-v-biznese>
7. Білик П. Штучний інтелект в юриспруденції: очікується стрімке зростання. URL: <https://speka.media/stuchnii-intelekt-v-yurisprudenciyi-ocikujetsya-strimke-zrostannya-9w8w39>
8. Марчук С. Штучний інтелект у юридичному бізнесі: чи варто боятися Chat GPT? URL: <https://pravo.ua/shtuchnyi-intelekt-u-iurydychnomu-biznesi-chy-varto-boiatysia-chat-gpt/>
9. Кривицький Ю. В. Штучний інтелект як інструмент правової реформи: потенціал, тенденції та перспективи. *Науковий вісник Національної академії внутрішніх справ*. 2021. № 2 (119). С. 90–101.
10. Сидорович Р. Штучний інтелект: нова ера чи кінець юридичної професії? URL: <https://yur-gazeta.com/publications/practice/informaciyne-pravo-telekomunikaciyi/shtuchniy-intelekt-nova-era-chi-kinec-yuridichnoyi-profesiyi.html>
11. Барбашин С. Штучний інтелект: правове регулювання в Україні та ЄС. URL: <https://barbashyn.law/statii/shtuchnyj-intelekt-pravove-regulyuvannya-v-ukrayini-ta-yes/>
12. What is natural language processing (NLP)? URL: <https://www.ibm.com/topics/natural-language-processing>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-72>

**RESEARCH AND DESIGN OF SOFTWARE COMPONENTS
FOR THE INTELLIGENT SYSTEM OF MONITORING THE STATE
OF UNINTERRUPTED POWER SUPPLY DEVICES OF THE APCs
EQUIPMENT OF THE BLAST-FURNACE DEPARTMENT
OF “KAMET-STEEL”**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ
КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ
МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПРИСТРОЇВ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО
ЖИВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ АСУТП ДОМЕННОГО ЦЕХУ
ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»**

Hedikov V.O.

*student (group 122-22-м),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Гедіков В.О.

*студент гр. 122-22-м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Сучасні металургійні підприємства мають високий рівень автоматизації технологічних процесів, щоб забезпечити стабільний і ефективний процес виробництва. Джерела безперебійного живлення широко застосовуються на виробництві для захисту електроживлення дорогих компонентів систем АСУТП та іншої відповідальної апаратури. Використання пристроїв безперебійного живлення (ДБЖ) дозволяє підтримувати працездатність критичного обладнання АСУТП протягом заданого часу і є ефективним рішенням для підвищення надійності систем автоматизації.

В умовах повномасштабної війни і ракетних атак на об'єкти енергетики періодично виникають проблеми з якістю та надійністю живлення, що збільшує навантаження на існуючі ДБЖ (UPS), знижує їх ресурс та іноді приводить до виходу з ладу. Що в свою чергу є спричиняє простої обладнання та втрати продуктивності агрегатів.

Організація контролю стану ДБЖ та технічного обслуговування відповідальне завдання. Поширення мережевих технологій полегшує дистанційний контроль за ДБЖ.

Інтелектуальні системи моніторингу (ICM) є комплексними рішеннями, що поєднують в собі сенсори, аналітичне програмне

забезпечення та засоби звітування для постійного контролю та аналізу стану обладнання.

Відомі системи моніторингу безперебійного живлення, такі як: Schneider Electric EcoStruxure, Eaton PredictPulse, Vertiv Avocent DSView дозволяють віддалено контролювати та аналізувати стан UPS, виявляти можливі проблеми та надавати звіти.

На підприємстві ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» для контролю стану ДБЖ вже використовується платформа Schneider Electric EcoStruxure, але її обмеження пов'язані з контролем лише поточного стану, відсутності рекомендацій стосовно технічного обслуговування, також недоліком є затримка в розсилці повідомлень при відхиленнях від робочого стану UPS.

Вирішенням наведених проблем може стати проектування та розробка інтелектуальної програмної системи моніторингу ДБЖ, яка дозволить:

- виконувати неперервний збір і обробку даних з окремих ДБЖ;
- накопичувати дані в БД MS SQL для подальшого аналізу;
- виконувати контроль в реальному часі параметрів ДБЖ на сервері візуалізації доменного цеху «КАМЕТ-СТАЛЬ»;
- формувати звітність та тренди для параметрів ДБЖ;
- використати інтелектуальні алгоритми для прогнозного технічного обслуговування UPS на основі даних про його роботу та стан.
- використовувати алгоритми машинного навчання для аналізу даних з UPS і прогнозувати можливі відмови або проблеми. Це дозволить оперативно реагувати на потенційні проблеми та запобігати відмовам.

Дана система буде працювати в межах ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» з існуючими системами безперебійного живлення (ДБЖ) фірми Schneider-Electric (APC), які передають сигнали з датчиків по протоколу SNMP. Перелік параметрів ДБЖ, який буде використано в дослідженні представлено на рис. 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Symmetra LX 16000																		Integrated EMU
2	Date	Time	Vmin1	Vmin2	Vmin3	Vmax1	Vmax2	Vmax3	Vout	Iout	%Wout	kVAout	%VAout	Freq	%Cap	Vbat	TupsC	TlambC	%HumI
3	02.10.202	23:56:37	233.6	228.4	228.4	235.3	230.2	230.2	233.6	6.7	21	1.56	18	50.03	100.0	138.4	37.0	24.0	
4	02.10.202	23:46:37	231.9	228.4	226.7	233.6	230.2	228.4	233.6	6.7	21	1.56	18	50.01	100.0	138.4	37.0	24.0	
5	02.10.202	23:36:37	231.9	226.7	226.7	233.6	230.2	228.4	233.6	6.7	21	1.56	18	50.01	100.0	138.4	37.0	24.0	
6	02.10.202	23:26:37	231.9	228.4	226.7	233.6	230.2	228.4	233.6	6.7	21	1.56	18	50.00	100.0	138.4	37.0	24.0	
7	02.10.202	23:16:37	233.6	228.4	228.4	235.3	231.9	230.2	233.6	6.7	21	1.56	18	49.98	100.0	138.4	38.0	25.0	
8	02.10.202	23:06:37	235.3	230.2	230.2	237.0	231.9	231.9	233.6	6.7	21	1.56	18	49.96	100.0	138.4	37.0	25.0	
9	02.10.202	22:56:37	235.3	230.2	230.2	237.0	231.9	231.9	233.6	6.7	21	1.56	18	50.03	100.0	138.4	38.0	25.0	
10	02.10.202	22:46:37	235.3	230.2	230.2	237.0	231.9	230.2	233.6	6.7	21	1.56	18	49.98	100.0	138.4	38.0	25.0	

Рис. 1. Параметри і формат даних ДБЖ

Контекстна діаграма на рис. 2 ілюструє зовнішні сутності та системні інтерфейси для розробляємої системи.

Для проведення експериментів та розв’язання задач машинного навчання та інтелектуального аналізу даних буде використовуватися відкритий програмний продукт RapidMiner.



Рис. 2. Контекстна діаграма в нотації IDEF0

Перелік використаних джерел

1. Стандарт джерел безперебійного живлення для засобів обчислювальної техніки та автоматизованих систем керування технологічними процесами. «Метінвест Діджітал», Київ, 2019, 34 с.

2. Kothamasu, R.; Huang, S.H.; VerDuin, W.H. System health monitoring and prognostics—a review of current paradigms and practices. In *Handbook of Maintenance Management and Engineering*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2009; pp. 337–362. [Google Scholar]

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-73>

**STARTUP-PROJECT FOR THE DEVELOPMENT
OF COMPLEX SOFTWARE FOR RESEARCHING
THE FOOD PRODUCTS COMPOSITION**

**СТАРТАП-ПРОЕКТ ПО РОЗРОБЦІ КОМПЛЕКСНОГО
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
СКЛАДУ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ**

Zditovetskyi Yu.S.

*PhD student,
Vinnytsia National Technical
University, Vinnytsia, Ukraine*

Здітовецький Ю.С.

*аспірант,
Вінницький національний технічний
університет, м. Вінниця, Україна*

Bisikalo O.V.

*DSc (Engineering), Professor,
Vinnytsia National Technical
University, Vinnytsia, Ukraine*

Бісікало О.В.

*д.т.н., професор,
Вінницький національний технічний
університет, м. Вінниця, Україна*

Ivanov Yu.Yu.

*PhD (Engineering), Associate
Professor, Vinnytsia National Technical
University, Vinnytsia, Ukraine*

Іванов Ю.Ю.

*к.т.н., доцент,
Вінницький національний технічний
університет, м. Вінниця, Україна*

With the development of modern technologies, there is a significant addition of various additives to food products (Europe food additives). They can be natural, identical to natural or artificially synthesized substances that interact with other components, which can threaten normal metabolic processes in the human body, form genetic mutations, and cause the development and growth of tumors. However, it should be noted that some food additives have useful properties, for example, they allow to increase the shelf life of products, improve the taste and appearance, without causing harm [1, 2]. The *aim* of the work is to solve the problem of quick identification of E-additives in food products, which is relevant for the buyer, as well as to recognize their danger “online”, that is, in the store near the window using mobile devices and the Internet.

Recently, modern developments are considered through the prism of artificial intelligence [3], accordingly, such models, which will be oriented to work with food products, will help support the human desire for healthy

nutrition [4–6]. Since the development is a commercial project, we will briefly describe the mathematical model and the main features of the software product [7]. During the work, an intelligent information system was developed, which can work in three modes:

- product recognition using a trained neural network;
- recognition / correction of QR-codes of products using the built-in scanner application, which uses built-in non-binary cyclic Reed-Solomon codes with the Berlekamp-Massey decoding algorithm, searching for the position of errors and evaluating their values according to Chen and Forney, for correcting errors, as well as an additional procedure based on the Hamming-Lippmann neural network for correcting a highly corrupted code matrix;
- analysis of the composition and evaluation of the product using the apparatus of regular expressions and text similarity metrics.

The program allows us to get information about the product, its composition, the list of additives, scientific information on them, the rating of the “usefulness” of the product, its comparison with similar products, etc. The result of the startup’s work is an application that has an average rating of 4,1 points based on more than 10000 downloads and 546 reviews using a 5-point user rating scale.

In the future, it is planned to supplement the database for products, increase the number of languages for the analysis of substances in food products, and also add the possibility of voice control.

Bibliography

1. Кратко О., Янків М. Вивчення небезпечного впливу продуктів харчування на здоров’я людини. *Грааль науки*. 2021. № 1. С. 167–170.
2. ISO 22000 : 2005. Системи управління безпечністю харчових продуктів – Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга. URL: <http://www.codexalimentarius.net> (дата звернення 20.09.2023).
3. Study for Food Recognition System Using Deep Learning / N.O.M. Salim, S.R.M. Zeebaree, M.A.M. Sadeeq, A.H. Radie et al. *Journal of Physics*. 2021. pp. 1–15.
4. Нагірний С.В., Бондарєв Я.Г., Нечволода Л.В. Використання нейромережових технологій у системах розпізнавання образів для оцінювання безпечності продуктів харчування. *Міжнародна наукова конференція “Комп’ютерні технології обробки даних”*. 2020. С. 40–43.
5. Shiraly K. AI in Nutrition: How Technology Is Transforming What We Eat. URL: <https://www.width.ai/post/ai-in-nutrition> (access mode 20.09.2023).

6. A Novel Model to Detect and Classify Fresh and Damaged Fruits to Reduce Food Waste Using a Deep Learning Technique / T.B. Kumar, D. Prashar, G. Vaidya et al. *Journal of Food Quality*. 2022. pp. 1–8.

7. Здітовецький Ю.С., Бісікало О.В., Іванов Ю.Ю. Інтелектуальна інформаційна система розпізнавання та аналізу складу продуктів харчування. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця: ВНТУ, 2023. № 2. С. 66–71.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-74>

**SELECTION AND COMPARISON OF ERP SYSTEMS
FOR IMPLEMENTATION AT THE REPAIR AND MECHANICAL
ENTERPRISES OF LLC “METINVEST HOLDING”**

**ВИБІР ТА ПОРІВНЯННЯ ERP-СИСТЕМ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ
НА РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ
ТОВ «МЕТІНВЕСТ-ХОЛДІНГ»**

Kazemirenko Yu.V.

*2nd year master's student
of group 122-22-1,
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Каземіренко Ю.В.

*студентка 2 курсу магістратури
групи 122-22-1,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Shmatko O.V.

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

Шматко О.В.

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

Розвиток промисловості у відповідності із концепцією «Індустрія 4.0», ідея якої полягає в тому, що застосування передових технологій і цифрових інновацій може значно покращити ефективність, автоматизацію та конкурентоспроможність промислових підприємств, значно підштовхнула розвиток систем планування ресурсів підприємства (ERP, Enterprise Resource Planning). Головне завдання ERP – об'єднати всі внутрішні процеси підприємства в одне середовище,

де кожний з учасників матиме чітко визначені обов'язки та відповідальність. ERP допомагають компаніям управляти власними ресурсами, оптимізувати процеси та приймати більш обґрунтовані рішення на основі обробки великих масивів даних [1].

На обробку великих масивів даних орієнтовані хмарні ERP-системи (SaaS). Такі системи більш гнучкі, оскільки поділяються на модулі, які можна інтегрувати в більші додатки. Завдяки можливостям автоматизації робочих процесів, аналізу даних, використання штучного інтелекту і машинного навчання, хмарні ERP-системи стали критично необхідними для підприємств в умовах цифрової економіки.

Широкі можливості ERP-систем як інструменту підвищення операційної ефективності бізнесу описані в роботах міжнародних та вітчизняних науковців та практиків. Доцільно відмітити дослідження С. Біра, В. Божко, А. Зубинського, Ч. Дікерсона, В. Козаченка, А. Кострова, І. Ладенка, С. Ніканорова, А. Новака, І. Новаківського, В. Поліщука, С. Покропівного, А. Сидорова, Л. Федулову, Дж. Форрестера та інші.

Існує багато причин, чому компанії впроваджують програмні рішення для планування ресурсів підприємства. Наприклад, для консолідації управління важливими бізнес-процесами, для отримання детальної інформації про ефективність операцій і ланцюга поставок тощо. Також серед потенційних власників ERP-систем можна виділити:

- середні підприємства, які «переросли» власні інструменти та системи для малого бізнесу;
- великі підприємства, які вирости за рахунок поглинань і потребують консолідації розрізнених систем;
- будь-який бізнес, який має складний ландшафт ІТ-систем і потребує міграції в єдину еко-систему.

Аналіз ERP-систем буде націлено на інтеграцію та адаптуванню під ремонтно-механічні підприємства Метінвест Холдингу.

На українському ринку ERP-систем слід відмітити трійку найпопулярніших: SAP, Oracle та Microsoft. З метою надання інформативної бази для прийняття рішення щодо вибору ERP був проведений порівняльний аналіз можливостей трьох описаних вище систем з позиції підвищення операційної ефективності підприємства (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльний аналіз ERP систем [1-4]

Вигода для бізнесу	SAP	Oracle	Microsoft Dynamics
Справжні хмарні програми SaaS	SaaS	SaaS	Дозволено локальне розгортання та налаштування
Модульність	Комплексний набір модулів	Повний набір гнучких модульних програм SaaS	Обмежений набір модулів
Безперервне оновлення	Щоквартальні оновлення SaaS	Щоквартальні оновлення SaaS	Обмежено
Бюджетування та прогнозування в різних сферах діяльності та джерелах даних	Тільки традиційне бюджетування та прогнозування. Планування та консолідація бізнесу (BPC) не підтримуватиметься з 2027 року	Підтримує підключене корпоративне планування та кілька підходів до планування	Спрощене бюджетування та прогнозування
Здатність передбачати ринкові умови та збої, здатність реагувати на них за допомогою моделювання сценаріїв	Обмежені	Підтримує кілька підходів до планування сценаріїв	Частково, потрібні (спеціальні) звіти Power BI або партнерське розширення
Вбудоване управління ризиками	Фрагментований на кількох прикладних і технологічних рівнях	Всеосяжне управління ризиками з вбудованою наукою про дані в програмах і на платформі	Обмежений
Гнучка структура бухгалтерської книги	Головна книга	Вибір будь-якої	Обмежений
Єдине джерело актуальних даних про фінанси та кадри для покращення процесу прийняття рішень	SaaS із кількома придбаними різними модулями HR	Рішення SaaS з єдиною моделлю даних для HR, фінансів та інших напрямків бізнесу	Основні функції для планування ланцюга постачання, управління попитом, розширених закупівель, EPM і HCM

Продовження таблиці 1

Вигода для бізнесу	SAP	Oracle	Microsoft Dynamics
Конфігуровані, а не програми, що налаштовуються	Можливість налаштування	Можливість налаштування	Можливість налаштування
Єдине рішення для малих, середніх і великих компаній	Позиціонує різні рішення залежно від розміру компанії. SAP Business ByDesign для малих/середніх підприємств і продукти S/4 HANA для великих підприємств	Єдине рішення для підтримки малих, середніх і великих компаній. Можливості можна розгортати за потреби	Середні та малі підприємства залежно від галузевої приналежності
Мережева партнерська підтримка	Підтримка з будь-якої точки світу	Обмеження щодо розгалуженості системи	Більш локалізована система
Витрати для бізнесу	Високі витрати на ліцензування, програмне забезпечення вимагає ретельного тестування перед розгортанням. Більшість модулів не потребують додаткового налаштування. Конфігурація може зайняти багато часу та бути складною	Впровадження може бути дорогим, залежно від кількості компонентів і складності бізнес-середовища	Помірні витрати на ліцензування, ніж у SAP або Oracle, але впровадження може зайняти більше часу. Більш тривалі цикли впровадження збільшують витрати на запуск

При виборі найбільш ефективної ERP-системи для автоматизації власних бізнес-процесів підприємствам доцільно орієнтуватися в особливостях кожної.

Для того, щоб врахувати всі потреби ремонтно-механічних підприємств, вибір ERP повинен починатися з аналізу виробництва і, в залежності від його особливостей, орієнтуватися на різні концепції управління та автоматизовані інформаційні системи. Оцінюючи існуючі тенденції в плануванні виробництва, можна відзначити, що найскладнішим є індивідуальне виробництво, яке вимагає постійних

технологічних змін, підбору персоналу та змін у робочих процесах, а отже, використання ERP в цьому випадку є доцільним.

Розглянемо на прикладі підприємств Метінвест Холдингу, які вже давно співпрацюють з SAP, але більш крупні заводи та фабрики. Менші підприємства холдингу, на кшталт ремонтно-механічних, ливарних заводів, мають певні особливості впровадження, тому і виникають ряд проблем щодо питання інтеграції всіх або окремих модулів SAP.

Неможливість працювати в існуючій системі ІС через політичні та воєнні обмеження, призвела до того, що потрібно обирати нову систему. Зважаючи на те, що весь Холдинг працює у єдиній системі SAP, обрали дану систему. Досвід впровадження на подібних підприємствах холдингу позитивний, завдяки впровадженню SAP ERP, вдалося створити єдину платформу для керування операційною діяльністю компанії. На ремонтно-механічному підприємстві якщо впроваджувати будь-які модульні ERP первинна інформація створюється у конструкторських та технологічних підрозділах, а отже необхідна наявність сучасної інтегрованої системи інженерно-технологічної підготовки виробництва. Тому це є дуже важливий фактор, при впровадженні SAP.

Враховуючи, що впровадження ERP-системи для бізнесу – це проект із значним бюджетом, то рішення про його реалізацію повинно базуватися на ретельному аналізі поточних і майбутніх потреб, на формулюванні чітких вимог до системи, до рівня підготовки персоналу, до інфраструктури тощо. Всі ERP-системи орієнтовані на збір оперативних даних, але лише вірно обрана та вдало налаштована система надасть можливість сформувати якісні змістовні звіти для прийняття обґрунтованих тактичних і стратегічних рішень.

Перелік використаних джерел

1. Toomey J. Oracle Enterprise Resource Planning (ERP). *Jennifer Toomey*. 2020. URL: <https://www.oracle.com/erp/>
2. What is SAP S/4HANA? 2020. URL: <https://www.sap.com/products/s4hana-erp.html?btp=21462338-c266-4a21-85d1-7ca6543904e3>
3. Dupont E. Welcome to Dynamics 365 Business Central. Eva Dupont. 2020. URL: <https://dynamics.microsoft.com/en-us>
4. SAP vs. Oracle Cloud ERP vs. Microsoft Dynamics. 2023. URL: nexusinfo.com/resources/blog/sap-vs-oracle-cloud-erp-vs-microsoft-dynamics-2

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-75>

**DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL
FOR THE CONTROL SYSTEM OF AN EXPERIMENTAL
SETUP FOR HIGH-PRESSURE TORSION PROCESSING
OF HOLLOW BLANKS**

**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ
ДЛЯ ПРОЦЕСУ КРУЧЕННЯ ПІД ВИСОКИМ ТИСКОМ
ПОРОЖНИСТИХ ЗАГОТОВОК**

Kasianiuk O.S.

*Senior Lecturer,
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Касьянюк О.С.

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

У сучасному машинобудуванні і авіабудуванні актуальність полягає в підвищенні надійності та довговічності деталей, а також в створенні матеріалів з оптимальними властивостями для екстремальних умов. Один з обіцяючих методів досягнення цих цілей – кручення під високим тиском (НРТ) [1, 2], який дозволяє отримувати матеріали з субмікроскопічною структурою і високою міцністю. Цей метод є надійним, економічним та може бути використаний для різних типів матеріалів та форм деталей, що розширює його технологічні можливості.

Розробка математичної моделі та автоматизація системи керування експериментальною установкою для процесу кручення під високим тиском порожнистих заготовок (КВТ ПЗ) є актуальним завданням через суттєві обмеження використання цього методу в промисловості. Впровадження системи керування та контролю дозволить підвищити якість продукції та ефективність технологічного процесу, зокрема в умовах високої навантаженості на інструмент та можливих нестабільних параметрів процесу.

Перш за все формулюємо етапи технічного процесу.

Першим етапом пропонованого в роботі процесу КВТ ПЗ є запуск гідравлічної станції яка буде керувати натискним гідроциліндром та початок моніторингу тиску на верхній інструмент-матрицю. Гідроциліндр буде опускатися до зіткнення з заготовкою. Коли станеться дотик верхнього інструменту до заготовки почнеться другий етап.

Другим етапом буде запуск обертаючого редуктору, продовження переміщення гідроциліндру до досягнення необхідного значення переміщення інструменту для виконання деформування до необхідної товщини заготовки. Одночасно запускається моніторинг кількості

обертів нижнього пуансону і температури заготовки. Коли буде досягнуто необхідне значення переміщення гідроциліндру почнеться третій етап.

Третій етап починається з зупинки матриці і відключенні обертаючого редуктору, завершується моніторинг тиску, кількості обертів і температури та виконується переміщення гідроциліндру до початкового положення.

Для експерименту по виготовленню заготовок кінчної форми можливо виділити наступні діяльності і події, які наведені в табл. 1, що представляє циклограму процесу.

Таблиця 1

Циклограма для процесу по виготовленню порожнистих заготовок

	a	b	c	d
1 Керування переміщенням циліндру пресу вниз до дотику з матрицею				
2 Керування переміщенням циліндру пресу вниз в процесі деформування				
3 Запуск і обертв редуктору				
4 Переміщення циліндру пресу вверх				
5 Зупинка редуктору				
6 Моніторинг тиску				
7 Моніторинг кількості обертів				
8 Моніторинг температури				
9 Вимкнення приводу установки				

де: a – Запуск роботи установки; b – Дотик матриці до заготовки; d – Виконано необхідне переміщення гідроциліндру; e – Завершення роботи установки.

На основі циклограми, представленої в табл. 1, зробимо опис функціональних взаємодій елементів системи за допомогою логічної структурної схеми, наведеної на рис. 1.



Рис. 1. Логічна схема автоматизованої системи керування установкою для процесу КВТ ПЗ

На рис. 1 представлено параметри:

1. Якими керуємо:
 - P_K – тиск в системі керування гідро-циліндром;
 - N – потужність двигуну для обертів нижнього пуансону;
2. Які досліджуємо:
 - X – переміщення верхнього пуансону;
 - t – температура заготовки між пуансонами;
 - P_d – тиск на датчику тиску між верхнім пуансоном та штоком пресу;
 - V – частота обертів нижнього пуансону.

На основі зробленого аналізу технічного процесу (його параметрів та етапів) можна сформулювати наступну математичну модель:

1. Залежність показників датчиків тиску (математична модель конвертування числового значення в набір команд керування пресом)

$$P_{d1} = F_1(P_K)$$

2. Залежність показників датчику частоти обертів (математична модель конвертування числового значення в набір команд керування обертаючим редуктором)

$$V_1 = F_2(N)$$

3. Закони керування гідроциліндром та обертаючим редуктором

$$P_K = F_3(t, P_{d0}, X, V_0)$$

$$N = F_4(t, P_{d0}, X, V_0)$$

Ці закони керування будемо створювати двома способами:

1. Апроксимація результатів моделювання та експериментів процесу на основі якої отримаємо закони з обмеженнями по вхідним налаштуванням технологічного процесу.

2. Створення системи контролю за переміщенням гідроциліндру та куту обертів нижнього пуансону на основі нечіткої логіки.

Отже результатом цієї роботи є формування двох математичних моделей для керування експериментальною установкою для процесу кручення під високим тиском порожнистих заготовок. На основі цього будуть створюватися ці моделі для конкретних технологічних процесів КВТ ПЗ та розроблятися модуль системи автоматизованого керування, який буде видавати дані для керування установкою.

Перелік використаних джерел

- 1 Segal V. Review: Modes and processes of severe plastic deformation (SPD). Materials. 2018. 11(7): 1175, pp. 1-29. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma11071175>

2 Edalati K., Horita Z. A Review on High-Pressure Torsion (HPT) from 1935 to 1988. Materials Science and Engineering A. 2016. 652. pp. 325-352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2015.11.074>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-76>

**RESEARCH OF METHODS, MODELS AND INFORMATION
TECHNOLOGIES USING NEURAL NETWORKS IN INCREASE
OF PRODUCTIVITY OF ORE ENRICHING FACTORIES**

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ, МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОНИХ МЕРЕЖ
В ПІДВИЩЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ
РУДОЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ФАБРИК**

Kostikov O.A.

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

Костіков О.А.

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

Konyk A.B.

*student (group 122-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Коник А.Б.

*студент гр.122-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Усі рудозбагачувальні фабрики складаються з самостійних технологічних одиниць які називаються секціями, в свою чергу секція складається з головних млинів 1-шої стадії які задають середньогодину продуктивність по руді і відповідно по концентрату, а також млинів другої, третьої стадії та інших збагачувальних пристроїв такі як магнітні сепаратори, дешламатори, насоси, тощо. Як правило секція може мати один або два головних млина, які працюють в парі з спіральним класифікатором, мета якого розділити продукт розвантаження млина на готовий матеріал та недостатньо подрібнений матеріал який за допомогою спіралей знову повертається у млин. Головними факторами отримання максимальної середньогодиної продуктивності головних млинів першої стадії являються: 1) максимально можливе завантаження

корисного об'єму млина, з врахуванням швидкості обертання млина; 2) відношення подачі руди і води у млин в оптимальному співвідношенні в залежності від характеристики вихідної руди і кульового навантаження. Для контролю максимального завантаження млина використовуються наступні методи контролю для управління: а) контроль потужності (амперна характеристика) споживання млина; б) контроль потужності (амперна характеристика) спірального класифікатора; контроль завантаження руди у млин через управління швидкістю головного живильного конвеєра. Також додатковими методами контролю максимального завантаження млина на деяких фабриках може бути встановлення шумометрів і тензодатчиків на кореневі підшипники млина, які є методами непрямого контролю. Ці всі вищезгадані методи контролю завантаження млина є приблизними і не точними, через наявність циркуляційного навантаження на млин, виміряти масу якого технічно не можливо. Також слід сказати що навіть якщо вдасться максимально завантажити корисний об'єм млина, це ще не означає що млин буде працювати з максимальною продуктивністю і що в ньому процесі подрібнення руди відбувається оптимально. Так на прикладі головного млина МШР-3,6х5,0 на 100 т/г вихідної руди в млин подається від 13 м3 до 20 м3 технічної води за годину. Кількість води що подається в млин задає машиніст млинів за результатами візуального огляду подрібненого матеріалу (пульпи), що вивантажується із млина. Тільки досвідчений машиніст млинів зі стажем від 3х років і більше за візуальною характеристикою розвантаження млина може визначити необхідну кількість води для подачі у млин. Так, наприклад, якщо подача води у млин буде **більше** ніж потрібно, то це призведе до надмірного винесення подрібнюваної руди із млина і збільшенню циркуляційного навантаження (не подрібнений матеріал через спіральний класифікатор буде знову повертатися у млин), що в свою чергу призведе до зниження середньогодиної продуктивності млина по вихідній руді. А якщо подача води у млин буде **менше** ніж потрібно, то це призведе до збільшення часу знаходження матеріалу що подрібнюється у млині, через що корисний об'єм барабану млина буде заповнений непотрібним переподрібненим матеріалом, що в свою чергу призведе до необхідності зниження вихідної руди в голові млина з причини об'ємного перевантаження млина. Також окрім оптимального співвідношення подачі руди-води у головний млин, важливим і мабуть найголовнішим фактором продуктивності млина є загальна характеристика крупності руди на живильному конвеєрі, чим менше крупність руди тим менше часу потрібно знаходитись руді у млині для подрібнення з метою

досягнення необхідного вихідного класу крупності ($-0,056\text{мм}$). На сьогоднішній день контроль крупності руди живильних конвеєрів на більшості збагачувальних фабрик, зводиться до проміжкових відборів проб руди і просіюванні на ситах з різними розмірами щілин. Даний метод контролю крупності не є представницький і не відображає істину крупність руди в режимі он-лайн. Хоча слід зазначити що деякі збагачувальні фабрики використовують пристрої «гранулометри», які можуть визначати крупність руди безперервно в часі, але такі пристрої коштують дорого і їх встановлюють на загальний конвеєр що подає руду в накопичувальні бункера на всю фабрику, тому такі показники крупності є приблизними, так як з врахуванням запасів руди в бункерах, ця інформація не є представницькою. А встановлювати такі гранулометри на кожен живильний конвеєр млина є економічно недоцільним (за даними розрахунків інвестиційних проектів ІНГЗК, ПВНГЗК, ЦГЗК). Щодо усіх існуючих АСУТП збагачувальних секцій, то контури управління можна розділити всього на два режими роботи: 1) максимальна продуктивність головних млинів при заданій густині зливу класификаторів – так званий «режим стабілізації»; 2) максимальна продуктивність млинів за умови недопущення перевантаження млинів – «режим автоматизації». Відповідно вся математична логіка АСУТП побудована на утриманні одного головного показника в заданому коридорі, з поступовим покращенням регулюючих коефіцієнтів на збуджуючі впливи зовнішніх факторів. Навіть якщо брати АСУТП режим максимальної продуктивності, він не дозволяє досягти найбільшої продуктивності секції, не тому що він поганий, а тому що збуджуючі сигнали непрямого визначення ключових методів контролю є або не представницькими, або великий коефіцієнт відхилення від істинних параметрів процесу подрібнення.

Таким чином, невирішеною актуальною науковою проблемою є підвищення ефективності автоматизованого керування процесами подрібнення руди в головних млинах збагачувальних фабрик, та досягнення максимально можливої продуктивності млинів в умовах зміни їх динамічних режимів роботи і параметрів та збуреного середовища шляхом синтезу і реалізації оптимального керування на основі ідентифікації та прогнозування стану керованих процесів з контролем основних збурень.

Пропонується реалізувати систему комп'ютерного зору і нейронної мережі для контролю крупності вихідної руди на стрічці живильного конвеєра млина, а також для контролю технічної характеристики розвантаження млина в безперервному режимі. В якості даних для

обробки інформації комп'ютерного зору є відеопотік з камер відеоспостереження який потім фрагментується у набір щосекундних кадрів високої чіткості. Кожен кадр є файловою одиницею для подальшої обробки, формування бази даних, та використання накопичених даних для навчання нейронної мережі. В якості нейронної мережі для розпізнавання зображень пропонується використовувати так звану Згорткову нейронну мережу (Convolutional Neural Networks, CNNs) яка є дуже ефективною в обробці зображення і може бути використана для визначення крупності руди на стрічці конвеєра, а також для потоку пульпи розвантаження млина. Пропонується встановити промислові фотокамери типу «Basler» з витримкою 1/2000с, інакше отримати адекватні фото дрібних частинок руди, що рухаються на великій швидкості конвеєра (± 2 м/с) буде важкувато.



**фото 1 – так виглядає руда живильного конвеєра млина
(фотокадр з фотокамери)**

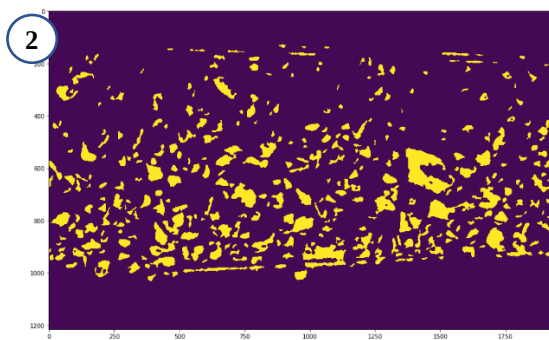


Рис. 2. оброблений фотокадр алгоритмом CNNs (без використання алгоритмів Робертса і розмиття Гауса)

Навчання пропонується реалізувати на мережі Fast-SCNN, заснованої на UNet, але не з такою великою кількістю параметрів для тренування, а також додати шари нейронів для боротьби з ефектом втрати інформації на рівнях сильного зниження розмірності. Одна з головних переваг такої мережі – можливість адекватно зменшувати розміри вихідного зображення у 8 разів за висотою та шириною. Вважається, що використовувати зображення більше 1024 пікселів є дещо недоцільним, тому що обидві мережі виходять приблизно однакової якості, а кількість параметрів для навчання нейронної мережі відрізняється на декілька порядків.

Приблизна архітектура Web-сервіс розробленої на Docker, буде такою:

- websocket-service. Для додавання можливості websocket працювати з кількома виконавцями це посередник між websocket у вікні браузера і Docker-контейнером database;
- data-service. Сервіс спілкування з камерою, розпізнавання шматочків руди на зображеннях, отримання метрик у термінах кусків містить розроблену модель;
- front. Nginx-проксі для доступу до системи;
- database. Образ доступу до накопиченої бази даних;
- front-service. Образ веб-інтерфейсу, а також доступ до API.

Таким чином отримані дані використовувати для автоматичного регулювання процесу по отриманню максимальної середньогодиної продуктивності млина з заданими характеристиками результатів подрібнення. З метою підвищення точності, комп'ютерний зір можна відкалібрувати за допомогою відборів проміжкових проб і проведення промислових експериментів для порівняння та навчання нейронної мережі.

Перелік використаних джерел

1. Сенько А.О. Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень для процесу подрібнення на основі непрямого визначення міцності руди : Кривий Ріг.: КНУ, 2020. 164 с.
2. Корнієнко В.І. Автоматизація оптимального керування процесами дроблення і здрібнювання руд : Монографія. Дніпропетровськ: НГУ, 2013. 193 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-77>

**DEFINING THE PROBLEM FOR INVESTIGATING MACHINE
LEARNING METHODS FOR PROCUREMENT DATA ANALYSIS
AND FORECASTING OF AN IT ENTERPRISE**

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ
МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ
ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАКУПІВЕЛЬНИХ ДАНИХ
ІТ-ПІДПРИЄМСТВА**

Kripak S.A.

*student (group 122-22-2м),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Кріпак С.А.

*студент гр. 122-22-2м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Moskalenko V.V.

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

Москаленко В.В.

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

Закупівельні процеси ІТ-підприємства відіграють важливу роль у забезпеченні матеріалами та іншими ресурсами його повсякденної діяльності та досягнення його основних бізнес-цілей. Своєчасна і тотожна реакція на мінливі умови ринку та здатність приймати своєчасні обґрунтовані управлінські рішення на основі закупівельних даних є невід’ємною складовою успіху та конкурентоспроможності ІТ-підприємств.

Швидкоплинність розвитку ІТ технологій та обладнання сприяє значному зростанню обсягів закупівельних даних, таких як: номенклатура товарів (матеріали, послуги, НМА), що закуповуються та їх аналоги; варіації назв товару різних виробників; дата, коли ці товари мають бути поставлені; ціна та потрібна кількість товару; перелік постачальників (виробників, дистриб’юторів), що здійснюють постачання товарів; терміни виробництва та поставки; терміни укладання договорів; спосіб укладання договорів; мінімальні партії; одиниці виміру; необхідні та наявні ресурси для організації процесу закупівель, тощо. Важливо зазначити, що закупівельні дані з часом

накопичуються до гігантських обсягів, що вимагає особливих підходів до їх підготовки та обробки. На сьогоднішній день, переважно, отримання закупівельних даних та прийняття управлінських рішень здійснюється із звітів систем обліку підприємства (бухгалтерського, управлінського тощо), зведених таблиць даних у табличних процесорах (Excel, LibreOffice Calc, Google Таблиці) та ін. Отже, значна частина часу витрачаються на підготовку даних, які можуть містити помилкові значення або бути неповними, в наслідок обмежень систем обліку чи/та людського фактору решта часу йде на підбір моделі опису цих даних.

Результати аналізу даних часто залежать від досвіду роботи аналітика з відповідними системами обліку, його завантаженості та інших факторів, що впливає на якість отриманої інформації.

Отже, є актуальною проблема прискорення обробки даних. Основними інструментами для обробки, аналізу та інтерпретації даних є data mining та машинне навчання. Використання методів машинного навчання спрямоване на прискорення та підвищення якості розв'язання різних задач, пов'язаних з управлінням закупівлями. Розробка та впровадження програмних систем, які реалізують методи машинного навчання для аналізу та прогнозування закупівельних даних, можуть значно покращити процеси управління закупівлями та. процеси прийняття рішень.

Метою цього дослідження є надання ІТ-компаніям обґрунтування щодо використання методів машинного навчання для вдосконалення своїх стратегій у сфері закупівель, а також для формування:

- рекомендацій щодо відбору та підготовки закупівельних даних для подальшої їх обробки;
- оцінки переваг та недоліків різних методів машинного навчання та напрямки їх використання для аналізу закупівельних даних;
- критеріїв вибору найбільш відповідного методу машинного навчання для розв'язання задачі;
- рекомендацій щодо виявлення ключових закономірностей для здійснення точних прогнозів щодо закупівельних операцій;
- рекомендацій з виявлення ризиків для своєчасного їх попередження.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-78>

**MARKET RESEARCH OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT
SYSTEMS AND RATIONALE FOR THE SOFTWARE
APPLICATION DEVELOPMENT FOR TRANSPORTATION
MANAGEMENT**

**ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ
ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАННЯ ТА ОБґРУНТУВАННЯ
РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ
ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ**

Moskalenko V.V.

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

Москаленко В.В.

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

Virych V.V.

*student (group 122-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Вірич В.В.

*студент гр. 122-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Агресивна глобальна конкуренція створила дуже вимогливих клієнтів і потребу в безперерйному постачанні. Щоб задовольнити свої потреби щодо низької вартості, гнучкості та легкої доступності товарів, організації виходять за межі власних кордонів щодо управління своїми ланцюгами постачання та мінімізують фактори ризиків ланцюга постачання [1].

Стійкість ланцюгів постачання є більш важливою, ніж будь-коли. Бізнес-процеси логістики, об'єднані під узагальненою назвою Supply chain managment (SCM). SCM-системи можна поділити на дві підгрупи:

– системи для стратегічного і тактичного планування (Supply Chain Planning – SCP);

– системи управління ланцюгами поставок у реальному часі (Supply Chain Execution – SCE).

SCE-системи представлені трьома видами програмних продуктів:

1) управління складом (Warehousing Management Systems – WMS);

2) управління замовленнями (Order Management Systems – OMS);

3) управління перевезеннями (Transportation Management Systems – TMS).

Оскільки ланцюг постачання складається зі складних бізнес-процесів і потребує постійної інформаційної підтримки, тому для забезпечення надійної їх реалізації необхідно використання програмних систем, наприклад типу TMS.

Одним з орієнтирів оцінки якості програмних продуктів для учасників світового логістичного ринку є щорічні маркетингові дослідження компанії Gartner, які представляються у вигляді рейтингу під назвою: Магічний квадрат (Gartner Magic Quadrant). За визначенням Gartner система управління перевезеннями – це програмне забезпечення, яке підтримує мультимодальне планування та виконання фізичного переміщення товарів у ланцюжку постачання [2]. Вже вкотре програмне рішення Oracle Transportation Management (OTM) стало лідером у 2023 році, друге та третє місце у цьому рейтингу зайняли відповідно Blue Yonder та SAP Transportation Management.

Ці програмні системи мало розповсюджені в Україні. Основною причиною є їх складність впровадження та висока вартість. Такі масштабні програми як SAP впроваджуються на рівні управління підприємством, вони належать до ERP-систем (Enterprise resource planning), отже, здебільшого є недоступними малому та середньому бізнесу.

Однак, ринок TMS в Україні активно розвивається, оскільки така програмна система дозволяє автоматизувати процеси логістики та інтегрувати різні модулі, наприклад бухгалтерський, складський та транспортний між собою. Також IT-компанії в Україні пропонують програмні рішення TMS-систем, окремі модулі яких можуть бути інтегровані до систем управління підприємством, наприклад SAP. Такі «локальні гравці на IT-ринку» поступаються світовим софтверним гігантам за функціоналом, але мають переваги у гнучкості та клієнтоорієнтованості.

У SCM-системах для підтримки обміну інформацією на всіх рівнях, як горизонтальних, так і вертикальних, використовується концепція електронного обміну даними (ЕОД, англ. electronic data interchange – EDI).

Особливістю процесу переміщення логістичної інформації є багатовекторність та циклічність. Один документ, наприклад, товарно-транспортну накладну (ТТН) або міжнародну товарно-транспортну накладну CMR (фр. Convention relative au contrat de transport international de Marchandise par Route), отримують декілька осіб – підприємства, які залучені до ланцюжку постачання. Після закінчення постачання, інформація у цих документах, використовується для аналізу логістичних

операцій, та розв'язання різних задач у межах системи управління підприємством.

Українські підприємства інтегровані у світові ланцюги постачання. Займають провідні позиції на міжнародних ринках зерна, металу та мінеральних добрив. Тому підтримка або збільшення конкурентного рівня підприємств та, в ідеалі, перехід до їх лідерства на світових ринках, вимагає впровадження сучасних програмних систем управління ланцюгами постачань для електронної обробки даних.

Наприкінці минулого 2022 року було завершено розробку Системи е-ТТН в Україні. Перші три компанії-провайдери (EDIN, ПТАХ та AgriChain) пройшли тестування щодо взаємодії з Системою електронного документообігу е-ТТН. Зокрема, компанії EDIN та ПТАХ успішно завершили тестування взаємодії, ще одна компанія AgriChain отримала рекомендації щодо доопрацювання свого програмного забезпечення.

Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України зазначило: «З 1 лютого 2023 року бізнес має час на поступовий перехід, тестування та адаптацію до використання е-ТТН. Для цього компанії потрібно укласти договір з одним із провайдерів ЕДО, що приєдналися до проєкту, щоб 1 серпня бути повністю готовою до цифровізації цього бізнес-процесу» [4].

Поки такого переходу ще не відбулося, через COVID-19 та війну РФ проти України. Але цифровізація документів, електронна звітність, інтеграція й застосування спільних програмних комплексів для замовників логістичних послуг з їх підрядниками та субпідрядниками, а також серед різних структурних одиниць великих холдингів, є нагальною потребою та ефективним інструментом забезпечення швидкості процесів у ланцюгах постачання.

Двох підприємств України, які пройшли тестування щодо взаємодії з Системою електронного документообігу е-ТТН, однозначно недостатньо щоб задовільнити попит на відповідні програмні продукти та ІТ-послуги. Також відносна невелика кількість таких ІТ-компаній може означати певну монополізацію ринку. А це, у свою чергу, буде впливати на цінову політику та обмеження програмних продуктів через брак потужності ІТ-компаній.

Отже, для кожної української компанії, яка пов'язана із постачанням та логістикою, є актуальною така задача: у стислі терміни забезпечити розробку та впровадження програмних TMS-модулів у систему управління компанією. Це дозволить виконати вимоги держави щодо впровадження е-ТТН, оптимізувати свої ланцюги постачання за

допомогою електронного документообігу, а також забезпечити ефективне виконання логістичних операцій в межах ланцюжків постачань.

Перелік використаних джерел

1. 13 RISK FACTORS THAT CAN JEOPARDIZE YOUR SUPPLY CHAIN. *Linkedin.com: веб-сайт*. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/13-risk-factors-can-jeopardize-your-supply-chain-erwin-cootjans> (дата звернення: 09.09.2023).

2. Best Transportation Management Systems Reviews 2023. *gartner.com: веб-сайт*. URL: <https://www.gartner.com/reviews/market/transportation-management-systems> (дата звернення: 09.09.2023).

3. Папери на вантаж – у минулому. Що змінить запровадження електронних накладних в Україні. *epravda.com.ua: веб-сайт*. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/05/23/700382/> (дата звернення: 10.09.2023).

4. Електронна товарно-транспортна накладна (е-ТТН) стане обов'язковою з 1 серпня 2023 року. *Урядовий портал: веб-сайт*. URL: (<https://www.kmu.gov.ua/news/elektronna-tovarno-transportna-nakladna-e-ttn-stane-oboviazkovoju-z-1-serpnia-2023-roku>) (дата звернення: 17.09.2023).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-79>

**THE METHOD OF DEVELOPMENT AND INTEGRATION
OF ENGINEERING ACTIVITY INFORMATION
SUPPORT SUBSYSTEMS BASED
ON THE CATEGORICAL-ONTOLOGICAL APPROACH**

**МЕТОДИКА РОЗРОБКИ ТА ІНТЕГРАЦІЇ ПІДСИСТЕМ
ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
НА ОСНОВІ КАТЕГОРІАЛЬНО-ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ**

Sahaida P.I.

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

Сагайда П.І.

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

Vasylieva L.V.

*PhD (Engineering), Associate
Professor, Donbas State Engineering
Academy, Ternopil, Ukraine*

Васильєва Л.В.

*к.т.н., доцент,
Донбаська державна машинобудівна
академія, м. Тернопіль, Україна*

Getman I.A.

*PhD (Engineering),
Associate Professor, Donbas State
Engineering Academy,
Ternopil, Ukraine*

Гетьман І.А.

*к.т.н., доцент,
Донбаська державна машинобудівна
академія,
м. Тернопіль, Україна*

Сучасний рівень виробничих процесів базується на використанні великого спектра можливих інженерних рішень, часто альтернативних, при проектуванні виробів і технологічних процесів їх виготовлення, що вимагає аналізу й обґрунтування їх вибору. Інтегровані САПР є різновидом алгоритмічно-програмних засобів комп'ютерних систем (КС) для інтелектуальної обробки даних (ІОД), у яких обробка даних виконується, в тому числі, із залученням інтелекту користувачів. Важливим і дотепер невирішеним питанням є інформаційна підтримка інженерів-конструкторів і технологів на концептуальних етапах проектування виробу й техпроцесів його виготовлення.

У даній роботі реалізовано підхід до розробки й реалізації компонентів КС для ІОД з використанням інженерії знань про роботу

предметних областей (ПрО) й процеси ІОД. Категоріально-онтологічне (КО) представлення реалізованого підходу наведено на рисунку 1. Програмний компонент КС розробляється й реалізується як об'єкт pushout (об'єкт теорії категорій позначений на рис. 1 як PO) на основі алгоритмічного забезпечення розв'язання задачі ІОД і спроектованого сховища даних і знань (СДіЗ), з урахуванням формалізованих правил бізнес-логіки в ПрО.

У сучасних КС для підтримки інженерної діяльності, у тому числі в інтегрованих САПР складних виробів, таких, наприклад, як механічні конструкції зі складною геометрією робочих поверхонь, при проектуванні виробу й технологічних процесів його виготовлення потрібна організація багатомодульного програмного комплексу з різномірною функціональністю використовуваних модулів і бібліотек функцій.

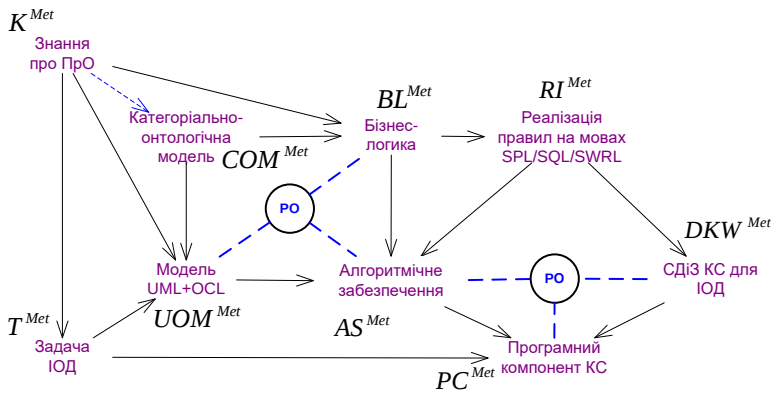


Рис. 1. Категоріально-онтологічне представлення процесу розробки й реалізації компонентів комп'ютерних систем для інтелектуальної обробки даних

При цьому пред'являються різні вимоги до форматів даних, що обробляються та візуалізуються у рамках застосовуваних інформаційних технологій і алгоритмічного забезпечення. У розглянутих предметно-орієнтованих САПР частина модулів або їх компонентів зазвичай вже реалізовані на досить високому рівні розроблювачами, що є лідерами у відповідних сегментах ринку програмного забезпечення.

У роботі представлено підхід до розробки й реалізації компонентів інтегрованих САПР як різновидів КС для ІОД, з використанням інженерії знань про роботу ПрО й процеси ІОД. Для забезпечення ефективної інтеграції програмних компонентів у єдиний комплекс алгоритмічно-програмних засобів виконано формалізацію й обґрунтування вибору існуючих технологій динамічного обміну даними між потоками й процесами, у рамках яких виконуються відповідні модулі у багатозадачних операційних системах. У якості ефективного засобу інформаційної підтримки інженерної діяльності використано компоненти КС для оперативного аналізу даних (On-line Analysis Processing – OLAP) у вигляді багатовимірного представлення агрегованих даних (гіперкуба). Спроектовано і реалізовано КС для ІОД, що забезпечує роботу із базою даних САПР технологічних процесів механообробки й забезпечено програмний доступ до гіперкубу, розгорнутого з використанням функціональних можливостей служб Analysis Services СУБД MS SQL Server, із зовнішніх застосувань.

У складі розроблених і впроваджених компонентів КС для ІОД, для апроксимації невідомих функціональних залежностей, або таких, що важко формалізуються, застосовано нейронні мережі, а для організації баз правил і експертних систем з використанням лінгвістичних змінних – системи нечіткої логіки. Гібридні нейронно-нечіткі мережі (ННМ) дозволили формалізувати знання про роботу ПрО за допомогою функцій приналежності термів і правил прийняття рішень на їхній основі, при цьому параметри функцій приналежності і базу правил визначено шляхом навчання мережі на накопичених прецедентах у СДІЗ.

Для інформаційної підтримки інженерної діяльності розроблено й реалізовано, у вигляді компонентів КС для ІОД, методику розробки й інтеграції підсистем підтримки прийняття рішень, у складі інтегрованої САПР складних виробів. Онтологію ПрО, що представляє компоненти розробленої методики, наведено на рис. 2. Реалізація методики включає методи й засоби для інформаційного забезпечення експертного оцінювання альтернатив, моделювання на основі нечіткої когнітивної карти (НКК), категоріально-онтологічного моделювання ПрО й бізнес-процесів, а також моделі представлення й формати зберігання знань у СДІЗ.

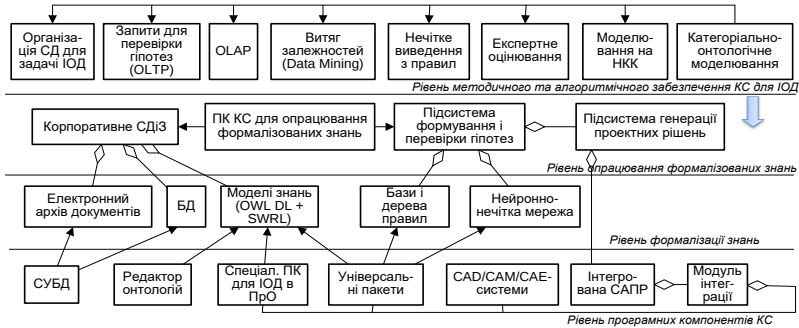


Рис. 2. Онтологія предметної області «Розробка й інтеграція підсистем інформаційної підтримки інженерної діяльності»

Висновки. Розвиток методології інформаційної підтримки інженерної діяльності у вигляді розробленої та впровадженої методики розробки та інтеграції алгоритмічних та програмних компонентів на основі категоріально-онтологічного підходу, реалізованої шляхом побудови онтологічних моделей, баз знань і реляційних баз даних, автоматизації оперативного аналізу агрегованих даних і вибору з багатьох альтернатив, у тому числі на основі методів штучного інтелекту, – дозволив забезпечити інтелектуалізацію комп'ютерних систем, що використовуються на ряді підприємств та отримати системний ефект у вигляді підвищення продуктивності праці спеціалістів, забезпечення якості машинобудівних виробів та зниження матеріальних та енерговитрат.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-80>

POSSIBILITIES OF AUTOMATING THE PROCESS OF CREATING DIGITAL SAMPLES OF BRANDED PRODUCTS AT METINVEST GROUP ENTERPRISES

МОЖЛИВОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ВЕРСІЙ БРЕНДОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГРУПИ МЕТІНВЕСТ

Smyrnov O.V.

student (group 122-22-1m)

*Scientific Supervisor: **Shmatko O.V.***

PhD (Engineering),

Associate Professor, LLC "Technical

university "Metinvest polytechnic",

Zaporizhzhia, Ukraine

Смирнов О.В.

студент (група 122-22-1м)

*Науковий керівник: **Шматко О.В.***

к.т.н., доцент,

ТОВ «Технічний університет

«Метінвест політехніка»,

м. Запоріжжя, Україна

ІТ-автоматизація бізнес-процесів є одним із ключових способів підвищення результативності підприємства. Вона дозволяє делегувати програмі виконання повторюваних дій та переорієнтувати людські зусилля на освоєння більш складних завдань. Зокрема, у галузі комунікацій і маркетингу це може бути кібернетизація процесу підготовки цифрових брендovаних продуктів, які надалі використовуватимуться в діджитал-форматі або підуть на друк. Серед них: візитки, бейджі, фірмові бланки, папки тощо. Коректна автоматизація означеної групи послуг уможливорює економію ресурсів компанії, підвищення кількості та покращення якості товарів з атрибутикою. Перш за все, тому, що надає змогу виконавцям процесу зосередитися на дизайні нових і покращенні вже наявних макетів замість їх ітеративної кастомізації під кожне замовлення. Відповідну циклічну функцію вважаємо доречним «доручити» програмі, а креативне завдання, яке нині не підлягає автоматизації, виконуватиме працівник.

Метою даної роботи є аналіз програмних засобів діджиталізації створення електронної продукції з корпоративною айдениткою. Об'єкт дослідження – процес підготовки діджитал-версій брендovаних товарів, а предмет – методи та інструментальні засоби його автоматизації. Специфіку кібернетизації маркетингової діяльності вивчали Дж. Мєро, Г. Тайнімен, В. Швєчак та ін. Утім, програмні засоби для генерації електронної продукції з атрибутикою Мєтінвєсту на підприємствах

Групи на сьогодні ще не перебували в полі зору науковців, а відповідний процес у компанії можна вдосконалити. Цим зумовлена наукова новизна статті. Мета дослідження – запропонувати оптимальні програмні рішення для окресленого бізнес-процесу.

Нині існує багато готових ІТ-можливостей для створення електронної продукції з корпоративною айдентикою. Серед них можна виокремити щонайменше три основні групи:

1) конструктори пам'ятних товарів (т. зв. «print on demand» сервіси), де передбачено функції використання персоналізованих зображень у макетах: Gelato, Gooten, JetPrint, Printify, Printful, SPOD та ін.;

2) графічні редактори, у яких можна налаштувати сценарій експорту численних копій підготовлених екземплярів: Adobe InDesign, Adobe Photoshop, Canva, CorelDraw, GIMP, Figma тощо;

3) текстові процесори із підтримкою RTF, DOC(X), PDF, XML і т. ін. форматів: Adobe Acrobat, Google Docs, Google Slides, Microsoft PowerPoint, Microsoft Publisher, Microsoft Word, Foxit PDF Editor тощо.

При цьому є низка діджитал-інструментів, котрі за наявності спеціалістів із релевантним досвідом дозволяють проєктувати персоналізовані програмні рішення для компанії. Їх можна диференціювати на два класи:

1) ресурси для low code або no code розробки із базовою підтримкою роботи із зображеннями: Bubble, Google AppSheet, Microsoft Power Apps / BI чи Sharepoint List / Library (у поєднанні з Power Automate) та ін.;

2) ресурси на основі стандартного програмного коду.

Відповідно до класифікації ENAPS, генерування електронних версій брендованої продукції на активах вертикально-інтегрованої гірничо-металургійної корпорації є вторинним бізнес-процесом, спрямованим на підтримку, підсилення й розвиток діяльності компанії. Апелюючи до теорії М. Портера [див.: 5] про конкурентні переваги й ланцюжок цінностей, О. Лисенко зазначала: «допоміжні [бізнес-процеси] ... потрібні для забезпечення основних», «процеси розвитку дозволяють створити ланцюжок цінності в основному і допоміжному процесам на новому рівні показників» [2, с. 191]. З огляду на вищесказане, ефективна автоматизація цієї цифрової послуги має передбачати бережливість коштів, адже брендована продукція не є прямим джерелом прибутку для компанії. Щоб запобігти зайвим адміністративним витратам, вважаємо доцільним надати перевагу або персоналізованим програмним рішенням, або ж інструментам від тих юридичних осіб, із якими Метінвест уже співпрацює.

Скориставшись довідником ІТ-послуг на порталі самообслуговування Метінвест Діджитал [4], залишимо для подальшого розгляду ресурси від Microsoft, Adobe Systems і Figma, а також опцію самостійної розробки.

Важливим аспектом при виборі програмного засобу для автоматизації створення електронної продукції з корпоративною атрибутикою є специфіка самого бізнес-процесу. На відміну від проєктування та дизайну (періодично повторювані процеси), генерація персоналізованих цифрових макетів – постійно повторювана. А це означає, що існує потенційний ризик формування ситуації «вузького місця» у діяльності» [1, с. 5] за наявності великої кількості запитів на виконавця. Фактично йдеться про неможливість задовольнити попит на послугу, унаслідок чого вона стає недоступною широкому загалу, оскільки найчастіше слугує «естетичним доповненням» і додатковим мотиватором для персоналу, а не обов'язковим компонентом для виконання посадових функцій.

Тож програмному рішенню для автоматизації аналізованого процесу краще працювати за принципом автономного сервісу, а не helpdesk-системи. Зараз співробітник звертається до hr- або маркетинг-відділу, котрі ініціюють і обґрунтовують запит для відповідальних осіб. Надалі заявка знаходиться в черзі на виконання. Але в рамках цього дослідження пропонується орієнтуватися на бізнес-процес, де програма бере інформацію для персоналізації електронного примірника від користувача, одразу ж обробляє її згідно з вимогами Настанови з фірмового стилю Метінвесту [3] та надає кастомізований діджитал-екземпляр створеного продукту. Окремо вирішується тільки питання про друк за кошти підприємства (якщо продукт потрібний для роботи).

Із цієї точки зору, сервіси від Adobe Systems є чудовими інструментами для дизайну, але не для автономної генерації. Вони потребують професійних навичок та ліцензії на кожного користувача, що потягне за собою невинновдані часові та фінансові витрати. А текстові процесори від Microsoft, знайомі працівникам Групи, не дозволяють простежити за дотриманням корпоративного стилю (як і графічний редактор Figma).

Отже, оптимальними ІТ-засобами для автоматизації процесу генерування електронних версій продукції з атрибутикою Метінвесту вважаємо персоналізовані програмні рішення на основі no-code, low-code або стандартного коду. Сервіс на базі Microsoft Power Platform видається вигідним у плані мінімальних часових і фінансових витрат, а створення ресурсу «з нуля» (як варіант, на мові JavaScript) приваблює широкими можливостями для кастомізації та масштабування.

Перелік використаних джерел

1. Бунке О. С. Автоматизація бізнес-процесів : навч. посіб. Київ : Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського, 2021. 39 с.
2. Лисенко О. А. Класифікація бізнес-процесів на промислових підприємствах: теоретичні аспекти. *Університетські наукові записки : наук. часоп.* Хмельницький : Хмельницький університет управління та права ім. Л. Юзькова. 2013. № 2. С. 190–197.
3. Настанова з фірмового стилю Metinvest. URL : https://metinvestholding.com/Content/CmsFile/ru/brand__nastanova-z-firmovigo-stily.pdf (дата відвідування : 06.10.2023).
4. Metinvest Digital : портал самообслуговування. URL : <https://hd.metinvest.ua/sm/es.do#> (дата відвідування 06.10.2023).
5. Porter M. E. The Competitive Advantage of Nations. New York : Free Press, 1990, 855 p.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-81>

DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF THE INTELLIGENT MODULE “TAGS ABOUT BATCH AND CONTAINERS” FOR AUTOMATED PRINTING OF TAGS IN THE “PLASMIS” ERP SYSTEM

РОЗРОБКА ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ «БІРКИ ПАРТІЯ-ТАРА» ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ДРУКУ БІРОК У ERP-СИСТЕМІ «ПЛАЗМІС»

Starzhynskiy V. Yu.
*PhD student (group 126-23a),
Vinnytsia National Technical
University, Vinnytsia, Ukraine*

Старжинський В.Ю.
*аспірант (група 126-23а),
Вінницький національний технічний
університет, м. Вінниця, Україна*

Основною задачею у сфері управління даними та прийняття рішень є розв'язання складних завдань, які вимагають великої уваги та відповідальності. Саме тому сучасні компанії швидко відмовляються від застарілих рішень у сферах, таких як планування ресурсів, управління продажами, маркетинг, управління персоналом та фінанси. Більшість підприємств вважають ERP одним із основних напрямків для інвестицій.

Ринок програмного забезпечення ERP зростає на 10% щорічно, і очікується, що його загальний обсяг досягне \$90 млрд до 2028 року [1, 2].

«ПлазмаІС» – це об'ємна багаторівнева ERP-система, яка була створена на основі вимог заводів, що належать до ПрАТ «ПлазмаТек». ПрАТ «ПлазмаТек» є найбільшою корпорацією в Україні, яка спеціалізується на виробництві сировини та зварювальних електродів повного циклу. В 2011 році була розроблена система управління ресурсами підприємства (ERP) під назвою «ПлазмаІС». З того часу ця система постійно використовується та постійно оновлюється та вдосконалюється відповідно до розвитку виробництва на підприємствах ПрАТ «ПлазмаТек». Робота цієї системи охоплює всі етапи виробництва, починаючи від початкового виробництва і закінчуючи транспортуванням готової продукції з урахуванням виробничих процесів на кожному з заводів корпорації.

Ключові етапи виробництва електродів: обробка сировини, формування оболонки електрода, сушіння та кальціювання, пакування та контроль якості. Майже після проходження кожного з етапів при передачі з одної дільниці продукту на іншу потрібна друкована форма, яка б засвідчувала наступну інформацію: назва та марка продукту або сировини, номер тари в якій міститься продукт або тара, інформація про партію тощо. З цієї метою було створено завдання на розробку модуля під назвою «Бірки партія-тара», який спростить та автоматизує процес заведення та збереження інформації та друку збереженої інформації на спеціальних бірках.

Бірка – це таблиця, яка створюється за допомогою коду HTML та визначається за допомогою назв полів. Зазвичай параметри друку самої бірки змінюються відповідно до конкретної дільниці на певному підприємстві [3, 4]. Для створення цих бірок використовується ідентифікатор рядка з таблиці штрих-кодів, і його значення підставляється у відповідні змінні. Щоб вдало проставляти параметри друку в окремому розділі інформаційної системи була розроблена вкладка Параметри, в якій можна прописати параметри відповідно у розрізі конкретного підприємства та дільниці виробництва. При друку з розділу «Бірки партія-тара» всі параметри проставляються в спеціальному вікні, де їх за потреби можна редагувати. Відредаговані значення записуються в *LocalStorage* використаного браузера. Для цього була розроблена база знань, специфічна для продукційного модуля «Бірки партія-тара», яка складається з набору параметрів друку, предикатів, функцій та операторів [5, 6]. Наприклад:

А) Друк бірок здійснюється за допомогою функції *Barcode_Print*. Параметр Висота бірки зазначається як *bc_height*. Зміна цього параметру дозволяє задати висоту відстані між бірками (при друку 2 та більше

бірок). Це необхідно для додаткового налаштування принтера. Отже, якщо для певного підприємства та підрозділу цього підприємства в параметрах заповнити висоту то параметр *bc_height* прийме задане значення, та запуститься наступна умова:

If *param.bc_height* then *Barcode_Print(param.bc_height)* else if *LocalStorage.bc_height* *Barcode_Print(LocalStorage.bc_height)* else message (“Заповніть поле Висота”);

Де предикат *param.bc_height* визначається наступним чином:

$\exists bc_height \mid i \in \{1, 2, \dots, N\} \rightarrow param.bc_width = True$.

Б) Друк бірок здійснюється за допомогою функції *Barcode_Print*. Параметр *Ширина* бірки позначається як *bc_width*. Змінюючи цей параметр, можна встановити ширину самої бірки тобто таблиці. Це дозволяє додатково налаштувати принтер. Отже, якщо для конкретного підприємства та його підрозділу вказано ширину бірки в параметрах, то параметр *bc_width* приймає вказане значення, та запуститься наступна умова:

If *param.bc_width* then *Barcode_Print(param.bc_width)* else if *LocalStorage.bc_width* *Barcode_Print(LocalStorage.bc_width)* else message (“Заповніть поле Ширину”);

Де предикат *param.bc_width* визначається наступним чином:

$\exists bc_width \mid i \in \{1, 2, \dots, N\} \rightarrow param.bc_width = True$.

В) Параметр Відступ позначається як *bc_retreat*. Змінюючи цей параметр, можна встановити відступ з лівого краю листа або самої бірки (але цей параметр не є обов'язковим). Таким чином, якщо для певного підприємства та його підрозділу вказано ширину бірки в параметрах, то параметр *bc_retreat* приймає вказане значення, і виконується наступна умова:

If *param.bc_retreat* then *Barcode_Print(param.bc_retreat)* else if *LocalStorage.bc_retreat* *Barcode_Print(LocalStorage.bc_retreat)* else *param.bc_retreat* = 0;

Де предикат *param.bc_retreat* визначається наступним чином:

$\exists bc_retreat \mid i \in \{1, 2, \dots, N\} \rightarrow param.bc_retreat = True$

Г) Для забезпечення універсальності друку бірки на різних принтерах був розроблений метод повороту бірки на 90 градусів. Для цього був створений окремий розкривний список з параметрами 0 градусів і 90 градусів. У js-файлі був включений механізм додавання тегу 90 градусів. Параметр який приймає значення – *bc_rotation*. Якщо користувач вибрав опцію 90 градусів (предикат *Rotation* встановлений як *True*), то обернення тегу *TurnR* за допомогою функції *PrintTurn* виглядає так:

If *param.bc_rotation* then *Barcode_Print(param.bc_rotation)* else if *LocalStorage.bc_rotation* *Barcode_Print (LocalStorage.bc_rotation)* else *param.bc_rotation* = 0;

де змінна *bc_rotation* у випадку вибору параметру 90:
bc_rotation = ".css('transform','rotate(\${this.value()}deg)');»

Д) Користувачі системи мають можливість внести зміни у потрібні їм поля бірки. У вікні друку розроблено два розкривні списки: Не друкувати (*bc_print_params*) і Не вставляти (*bc_param_value*). Через опцію Не друкувати користувачі можуть обрати рядки *bc_div* у бірці які не потрібно друкувати за допомогою *Barcode_Print*. А через опцію Не вставляти є можливість не вставляти значення в певні рядки *bc_div* у бірках за допомогою функції *Barcode_Print*. Це налаштовується через заповнення параметрів *bc_print_params* та *bc_param_value* наступним чином:

```
If param.bc_print_params then Barcode_Print(param.bc_print_params)
else if LocalStorage.bc_print_params Barcode_Print
(LocalStorage.bc_print_params) else param.bc_print_params = null;
```

Де предикат *bc_params* визначається наступним чином:

∃ *bc_print_params* | *j* ∈ {1,2, ...LR} → *param.bc_print_params* = True.

```
If param.bc_param_value then Barcode_Print(param.bc_param_value)
else if LocalStorage.bc_param_value Barcode_Print
(LocalStorage.bc_param_value) else param.bc_param_value = null;
```

Де предикат *bc_param_value* визначається наступним чином:

∃ *bc_param_value* | *j* ∈ {1,2, ...LF} → *param.bcparam_value* = True.

Є) Параметр Формат дати можливість виводити дату виробництва у потрібному нам форматі. Таких формати є два: дата (D) або дата[час] (T). Параметр формат датипозначається як *bc_date*. По замовчуванню завжди виводиться тільки дата якщо параметр пустий. Формат налаштовується через заповнення параметру *bc_date* наступним чином:

```
If param.bc_date then Barcode_Print(param.bc_date.D) else if
param.bc_date Barcode_Print(LocalStorage.bc_date.T) else Barcode_Print
(param.bc_date.D);
```

Де предикат *bc_date* визначається наступним чином:

```
bc_date: if that.date_type== 'D' then parseDate(element.bc_date),
"dd.MM.yy", else that.date_type== 'T' then = parseDate(element.bc_date),
"dd.MM.yy [HH:mm]").
```

У результаті дослідження розроблено модель бази знань [7, 8]:

KnowledgeBase = < *Rule*, *Pr*, *Func* > ,

з параметрів друку:

```
Param_Rule={param.bc_height,param.bc_width,param.bc_retreat,param.bc_rotation,param.bc_param_value,param.bc_print_params,param.bc_date},
```

предикати:

$Pr=\{bc_height, bc_width, bc_retreat, bc_rotation, bc_param_value, bc_print_params, bc_date\}$,

функції:

$Func=\{Barcode_Print\}$

Внаслідок створення інтелектуального модуля «Бірки партія-тара» у складі інформаційної системи «ПлазмаІС», рівень автоматизації на підприємстві «ПлазмаТек» був значно підвищений.

Перелік використаних джерел

1. Wilmer Cruz-Torres. Aldo Alvarez-Risco. Shyla Del-Aguila-Arcenales. Impact of Enterprise Resource Planning (ERP) Implementation on Performance of an Education Enterprise: A Structural Equation Modeling. Studies in Business and Economics (2021). doi: 10.2478/sbe-2021-0023
2. O. V. Bisikalo, V. V. Kovtun and O. V. Kovtun, «Modeling of the Estimation of the Time to Failure of the Information System for Critical Use,» 2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Deggendorf, Germany, 2020, pp. 140-143, doi: 10.1109/ACIT49673.2020.9208883.
3. Danilczuk W. Gola A. Computer-aided material demand planning using erp systems and business intelligence technology. Computer-aided material demand planning using erp systems and business intelligence technology. Applied computer science(2020). doi: 10.35784/acs-2020-20.
4. O. Bisikalo, D. Chernenko, O. Danylchuk, V. Kovtun and V. Romanenko, «Information Technology for TTF Optimization of an Information System for Critical Use that Operates in Aggressive Cyber-Physical Space,» 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 323-329, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9467997.
5. Abdullah ALAmri. The relational database layout to store ontology knowledge base. International Conference on Information Retrieval & Knowledge Management (2012). doi: 10.1109/InfRKM.2012.6205039.
6. Bisikalo, Oleg. Linguistic Analysis Method of Ukrainian Commercial Textual Content for Data Mining / Oleg Bisikalo, Victoria Vysotska // Proceedings of 3rd International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems, CMIS 2020, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine, 27 April – 1 May, 2020. – CEUR Workshop Proceedings, Volume 2608, 2020. – Pp. 224-244.

7. O. V. Bisikalo, V. V. Kovtun, O. V. Kovtun and V. B. Romanenko, «Research of safety and survivability models of the information system for critical use,» 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 7-12, doi: 10.1109/DESSERT50317.2020.9125061.

8. Eduardo Santamaría-Vázquez. Víctor Martínez-Cagigal. Fernando Vaquerizo-Villar. Roberto Hornero EEG-Inception: A Novel Deep Convolutional Neural Network for Assistive ERP-Based Brain-Computer Interfaces. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering(2020). doi: 10.1109/TNSRE.2020.3048106.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-82>

**RESEARCH OF METHODS, MODELS AND INFORMATION
TECHNOLOGIES FOR INCREASING THE STATIC LOAD
OF VEHICLES WITH ARTIFICIAL LOADS AT METINVEST GROUP**

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ, МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ СТАТИЧНОГО
НАВАНТАЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШТУЧНИМИ
ВАНТАЖАМИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГРУПИ МЕТІНВЕСТ**

Shelest S.O.

*student (group 122-22-1m),
LLC "Technical university "Metinvest
polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine*

Шелест С.О.

*студент гр. 122-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Sahaida P.I.

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

Сагайда П.І.

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

Підвищення статичного навантаження транспортних засобів, максимальне використання вантажопідйомності вагонів та автомобілів щорічно є одним із Ключових показників ефективності (КПЕ) на підприємствах Групи МЕТІНВЕСТ. Цей чинник є особливо важливим для залізничного рухомого складу на тлі регулярного збільшення тарифів з боку АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «УКРАЇНСЬКА

ЗАЛІЗНИЦЯ», а також приватними перевізниками поряд із загальним падінням обсягів перевезень.

Особливо складним, на відміну від навалочних вантажів, є збільшення статичного навантаження залізничних вагонів штучними вантажами (холоднокатаний та гарячекатаний лист у пачках, рулони), оскільки на цей показник може впливати одночасно або уздовж незначного періоду часу багато факторів, наприклад:

- вимоги Клієнта щодо максимальної допустимої маси одиниці продукції, що обумовлюються у замовленні;

- різний вид залізничних вагонів, які використовуються для відвантаження продукції (контейнери закритого та відкритого типу, напіввагони, платформи);

- різні види засобів для розміщення та кріплення вантажу у вагонах (металеві рами, салазки, дерев'яна сепарація);

- різні схеми навантаження продукції на рухомий склад;

- допустиме навантаження на вісь вагона, встановлене залізничними Адміністраціями країн, яке може відрізнитися для різних прикордонних переходів;

- технологія виробництва рулонів та листа в пачках на підприємствах Групи МЕТІНВЕСТ, спрямована на зниження витрат на виробництво;

- розміщення рулонів та листа у пачках на складах готової продукції, спрямоване на мінімізацію цехових логістичних витрат;

- технологія доопрацювання, забракування металопрокату, в результаті якої маса одиниць продукції може змінюватись вже після закінчення виробництва;

- фактична наявність залізничного рухомого складу необхідної вантажопідйомності на підприємстві та його технічний стан.

Така багатofакторність і велика кількість персоналу різних структурних підрозділів підприємства, що беруть участь, на всьому протязі від моменту прийняття замовлення у виробництво до заявки рухомого складу під навантаження продукції, збільшують ризик не оптимального використання вантажопідйомності залізничних вагонів і, як наслідок, понесення додаткових витрат підприємствами Групи МЕТІНВЕСТ.

У той же час використання гнучких цифрових технологій, сумісних з ERP-системою, зможе в онлайн режимі видавати користувачеві оптимальний варіант виробництва замовлення (в частині маси продукції), розміщення одиниць металопрокату на складі, видачі заявки на подачу вагонів необхідної вантажопідйомності під навантаження, що дозволить формувати вагонні партії та використовувати наявний ресурс рухомого складу, виключаючи ризики впливу «людського фактора» та полегшити роботу виробничого та складського персоналу. Відповідно,

заплановано виконання наступних завдань дослідження: виконати аналіз процесу збору і обробки даних про статичне навантаження транспортних засобів штучними вантажами, аналіз функціональності існуючих програмних систем і використовуваних інформаційних технологій; виконати дослідження методів, моделей та інформаційних технологій обробки даних для інформаційної підтримки даного технологічного процесу; зробити висновки із ефективності інформаційної підтримки процесу статичного навантаження різними методами, з кількісними показниками досягнутих результатів; визначити позитивний ефект від розробленого програмно-методичного комплексу та підвищення ефективності діяльності в предметній області.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-83>

RESEARCH AND DESIGN OF SOFTWARE COMPONENTS FOR AN INTELLIGENT CHATBOT OF THE COMPANY'S SERVICE DEPARTMENT

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ЧАТ-БОТУ СЕРВІСНОЇ СЛУЖБИ КОМПАНІЇ

Shmatko O.V.

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

Шматко О.В.

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

Hlibov V.H.

*student (group 122-22-2м),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Глібов В.Г.

*студент гр. 122-22-2м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Вступ. В епоху стрімкого технологічного розвитку і динамічного бізнес-середовища, важливість інноваційних рішень у сфері обслуговування клієнтів набуває особливого значення. Інтелектуальні чат-боти стають ключовим інструментом для компаній, які прагнуть підвищити ефективність та якість обслуговування своїх клієнтів. У

цьому контексті, ця стаття присвячена дослідженню та проектуванню програмних компонентів для створення інтелектуального чат-бота, який служитиме сервісною підтримкою компанії.

Поєднання високих вимог клієнтів і технологічних можливостей вимагає глибокого аналізу та розробки інноваційних рішень. Ця стаття розглядає ключові компоненти, які входять у процес створення інтелектуального чат-бота для обслуговування клієнтів, і висвітлює їхню важливість у досягненні мети забезпечення високоякісного обслуговування та задоволення клієнтів.

Ми детально розглянемо такі ключові елементи, як обробка природної мови (NLP), машинне навчання, керування діалогом та інтеграція з системами обслуговування клієнтів, а також визначимо їхню роль у розробці інтелектуального чат-бота. Таким чином, ми надамо чіткий уявлення про необхідність цих компонентів та їхній потенціал для покращення способу, яким компанії взаємодіють зі своїми клієнтами.

Обробка природної мови (NLP). Обробка природної мови (Natural Language Processing або NLP) – це галузь штучного інтелекту, яка спеціалізується на розумінні та обробці мовлення людини комп'ютерами. В контексті створення інтелектуального чат-бота для обслуговування клієнтів, NLP відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного та природного спілкування між користувачем та ботом. Ось деякі важливі аспекти NLP:

1. Розпізнавання природної мови: Одним із перших кроків у роботі інтелектуального чат-бота є розпізнавання тексту, введеного користувачем. NLP допомагає боту розібратися, що саме сказано та як це інтерпретувати.

2. Аналіз синтаксису та семантики: NLP може аналізувати синтаксис і семантику введеного тексту, що дозволяє боту розуміти запити користувача, навіть якщо вони сформульовані різними способами.

3. Виявлення інтенцій: Системи NLP допомагають визначити інтенції або цілі, які стоять за запитом користувача. Наприклад, чи це запит на інформацію, прохання про допомогу або скарга.

4. Генерація природної мови: Крім розуміння мови, NLP також може генерувати природну мову. Це важливо для того, щоб інтелектуальний чат-бот міг відповідати на запити користувача зрозуміло та логічно.

5. Сентиментний аналіз: NLP може аналізувати емоційний тон тексту, допомагаючи визначити настрій користувача. Це корисно для вирішення проблем та забезпечення кращого обслуговування.

Усі ці аспекти NLP спільно створюють здатність інтелектуального чат-бота розуміти, відповідати і взаємодіяти з клієнтами на природній мові, що робить спілкування більш природнім і продуктивним. Розробка та вдосконалення цих компонентів NLP є невід’ємною частиною процесу створення високоефективного інтелектуального чат-бота для обслуговування клієнтів [1].

Машинне навчання. Машинне навчання є ключовим компонентом у створенні інтелектуального чат-бота для обслуговування клієнтів. Це підполе штучного інтелекту, яке дозволяє системам самостійно навчатися та покращувати свою ефективність на основі даних та досвіду. Ось докладніше про роль машинного навчання у створенні чат-ботів:

1. Класифікація та розпізнавання інтенцій: Машинне навчання допомагає інтелектуальному чат-боту розпізнавати типи запитів користувачів і класифікувати їх за категоріями. Наприклад, чи це запит на інформацію, скарга, запит на допомогу чи запит на покупку? Моделі класифікації навчаються на історичних даних, щоб автоматично визначати інтенції користувачів.

2. Генерація відповідей: Машинне навчання дозволяє інтелектуальним чат-ботам генерувати природну мову відповідно до запитів користувачів. За допомогою моделей генерації тексту, таких як глибокі нейронні мережі та рекурентні нейронні мережі, бот може створювати відповіді, які звучать природно та логічно.

3. Персоналізація: Машинне навчання може використовуватися для адаптації поведінки чат-бота до потреб окремого користувача. Шляхом аналізу даних про користувача, таких як історія взаємодії, вибрані опції та передпочинання, бот може надавати персоналізовану інформацію та послуги.

4. Навчання на основі зворотного зв’язку: Машинне навчання також дозволяє чат-боту навчатися на основі зворотного зв’язку від користувачів. Коли користувачі надають відгуки чи коригують відповіді бота, система може користуватися цією інформацією для поліпшення своєї продуктивності.

5. Аналіз даних: Машинне навчання допомагає аналізувати великі обсяги даних, які надходять від користувачів, для виявлення патернів і трендів. Це допомагає компаніям приймати більш обґрунтовані рішення та покращувати якість обслуговування клієнтів.

Машинне навчання є ключовим інструментом для створення інтелектуального чат-бота, який може ефективно взаємодіяти з клієнтами, надаючи їм персоналізовану підтримку та відповіді на їхні запити. Воно дозволяє чат-ботам стати більш інтелектуальними та

ефективними з часом, що забезпечує підвищення задоволення клієнтів і підвищення продуктивності обслуговування [2].

Керування діалогом. Керування діалогом – це важливий аспект у створенні інтелектуального чат-бота для обслуговування клієнтів. Це включає в себе розуміння та керування ходом розмови між користувачем і ботом, щоб забезпечити логічний та продуктивний обмін інформацією. Ось докладніше про керування діалогом:

1. Керування контекстом: Чат-бот повинен бути здатний розуміти контекст розмови, зокрема, розуміти, на що саме вказує користувач у своїх запитах. Наприклад, якщо користувач запитує: «Скільки коштує iPhone 13?», бот повинен знати, що обговорюється ціна смартфона iPhone 13 і продовжити обговорення на цю тему.

2. Збереження стану діалогу: Чат-бот повинен мати можливість зберігати стан розмови, щоб згодом звертатися до попередніх кроків у взаємодії з користувачем. Це дозволяє створювати більш складні та змістовні діалоги, які не обмежуються одним запитом і відповіддю.

3. Генерація запитів: Для активного участі в діалозі бот повинен вміти генерувати запити для користувача, запитуючи додаткову інформацію або уточнюючи деталі.

4. Управління винятками: Інколи користувачі можуть вказати нерозпізнаний або амбігвальний запит. Бот повинен бути здатний відповісти на такі ситуації або ввічливо повідомити про незрозумілість запиту [3].

Інтеграція з системами обслуговування клієнтів. Інтеграція з системами обслуговування клієнтів є критично важливим елементом для інтелектуального чат-бота компанії. Це означає зв'язок чат-бота з існуючими системами і базами даних компанії для надання більш інформативної та персоналізованої підтримки клієнтам. Ось докладніше про інтеграцію:

1. Доступ до інформації клієнта: Інтеграція дозволяє чат-боту отримувати доступ до даних про клієнта, таких як історія покупок, контактна інформація, статус замовлень тощо. Це дозволяє боту надавати персоналізовану підтримку та відповіді.

2. Обробка замовлень і транзакцій: Чат-бот може бути інтегрований з системами обробки замовлень та платежів, що дозволяє користувачам робити покупки або здійснювати транзакції безпосередньо через розмову з ботом.

3. Сповіщення та повідомлення: Бот може надсилати сповіщення та повідомлення клієнтам, пов'язаним з їхніми замовленнями або аккаунтом, інформуючи їх про статус та оновлення.

4. Інтеграція з CRM-системами: Інтеграція з системами управління відносинами з клієнтами (CRM) дозволяє зберігати та оновлювати

інформацію про клієнтів, що сприяє збереженню даних у відсортованому та структурованому вигляді.

5. Завдяки інтеграції з системами обслуговування клієнтів, інтелектуальний чат-бот може надавати більш інформативну, персоналізовану та зручну підтримку користувачам, зменшуючи час очікування та сприяючи покращенню загального задоволення клієнтів від обслуговування [4].

Висновки. Створення інтелектуального чат-бота для обслуговування клієнтів компанії – це завдання, яке вимагає глибокого дослідження та розробки програмних компонентів. У цій статті ми розглянули основні складові, що необхідні для успішної реалізації такого бота, включаючи обробку природної мови (NLP), машинне навчання, керування діалогом та інтеграцію з системами обслуговування клієнтів.

Обробка природної мови дозволяє чат-боту розуміти і взаємодіяти з користувачем на природній мові, роблячи комунікацію більш ефективною та природною. Машинне навчання відкриває можливості для навчання бота на основі даних та покращення його продуктивності з часом. Керування діалогом дозволяє створювати логічні та продуктивні розмови з користувачами, підтримуючи контекст та забезпечуючи гладкі діалоги. Інтеграція з системами обслуговування клієнтів дозволяє боту надавати персоналізовану та інформативну підтримку клієнтам.

Зазначені компоненти є невід’ємною частиною розробки інтелектуальних чат-ботів, які вже стають незамінними інструментами у сфері обслуговування клієнтів. Вони допомагають підприємствам покращити якість обслуговування та забезпечити задоволення клієнтів. У світлі постійних технологічних змін і зростаючих вимог споживачів, інтелектуальні чат-боти стають невід’ємною складовою успішного бізнесу.

Перелік використаних джерел

1. Johnson A. Natural Language Processing for Chatbots. *Journal of AI Research*. 2020. 35(4), 567-589.
2. Watson E. Machine Learning and Natural Language Processing in Chatbots. *AI Trends*, 2017. 12(3), 112-125.
3. Smith J. Developing Intelligent Chatbots: A Comprehensive Guide. 2021.
4. Company XYZ. Chatbot Integration for Customer Service. Internal Report. 2022.
5. Doe J. The Future of Customer Support: Chatbots and Beyond. *Customer Support Magazine*, 2018. 25(2), 45-57.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-84>

**TRANSFORMATION OF THE ADMISSION PROCESS
TO METINVEST POLYTECHNIC THROUGH
THE IMPLEMENTATION OF MODERN DIGITALIZATION TOOLS**

**ТРАНСФОРМАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВСТУПУ ДО МЕТІНВЕСТ
ПОЛІТЕХНІКИ ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ
ІНСТРУМЕНТІВ ДІДЖІТАЛІЗАЦІЇ**

Yakymov Yu.M.

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

Якимов Ю.М.

*магістрант,
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*

Диджиталізація вищої освіти стала вже невід'ємною ознакою сьогодення, що викликано не лише вимогами «інформаційного суспільства», а й бажанням українських вишів конкурувати між собою на державному й світовому рівнях з провідними освітніми закладами. Автоматизація та цифровізація торкнулися майже всіх бізнес-процесів, включаючи й взаємодію з абітурієнтами в період проведення вступної кампанії.

Аналіз диджитальних інструментів, що використовуються українськими університетами, показав актуальність чат-ботів для спілкування з абітурієнтами (бот Абітурієнта УКУ; ЛапкаБот ДДМА, Абітурієнт ЧНУ, Welcome to LNU тощо).

В рамках дисципліни «Поглиблений курс бізнес-аналізу ІТ проєктів» було проведено дослідження функціонуючих у сфері освіти та навчання ботів (рис. 1) і виявлені наступні ключові аспекти:

– чат-боти забезпечують швидкий та зручний доступ до інформації про вимоги вступної кампанії, програми навчання у вищих навчальних закладах. Відкритий та зручний доступ до такої інформації задовольняє

бізнес-потреби абітурієнтів, які шукають інформацію про університет та спеціальності;

- чат-боти оперативно надають відповіді на запитання абітурієнтів щодо контрольних дат вступу, супровідних документів тощо. Такий функціонал допомагає абітурієнту зрозуміти як правильно подати заяву та як дотриматися вимог під час вступу;

- інформують про наявні рекомендаційні матеріали та посилання на відкриті джерела для підготовки до вступних випробувань;

- пропонують рекомендації щодо розвитку гнучких навичок, які можуть мати вирішальне значення під час вступу тощо.

Отже, затребуваність, орієнтованість на кінцевого користувача, функціональність чат-ботів, їх відповідність сучасним освітнім тенденціям обумовили актуальність розробки відповідного помічника для абітурієнтів Університету «Метінвест Політехніка». Телеграм-бот сприятиме наданню абітурієнтам повної інформації з перших кроків вступного процесу, забезпечить максимальну прозорість та зручність вступу, що входить до низки стратегічних пріоритетів університету.

З метою визначення вимог до телеграм-боту були успішно застосовані найпоширеніші інструменти бізнес-аналізу, починаючи від генерації ідей за допомогою ментальних карт, формування мети проєкту на основі системи критеріїв SMART, розробки базового документу концепції та меж проєкту, до детального планування процесу розробки телеграм-боту (побудована матриця зацікавленості стейкхолдерів, WBS, Network diagram тощо). Були виявлені та документовані бізнес-правила, побудована візуальна модель бізнес-процесів, виконане прототипування, оцінені ризики та метрики проєкту.

Вивчення функцій приймальної комісії та аналіз зацікавлених осіб дозволи сформувати базовий перелік функцій телеграм-боту: перегляд інформації про вступ до університету, оплату навчання; створення, перегляд, редагування переліку спеціальностей для вступу; створення, перегляд, редагування кадрового складу університету за різними освітніми компонентами; заповнення анкети та формування профілю вступника; створення цифрового помічника (функціонал з використанням можливостей AI, ChatGPT); генерація календаря вступної компанії та інтеграція в гугл-календар; перегляд виконаних етапів та переліку надісланих документів; забезпечення доступу до технічних інструментів (посилання на вебінарний майданчик, завантаження/видалення файлів); сповіщення про оновлення інформації, майбутні заходи, нагадування про кінцеві терміни.

З метою організації проектної роботи з розробки телеграм-боту в межах дипломування була розроблена верхньорівнева матриця відповідальності зацікавлених осіб (RACI-матриця), рис. 1. (матриця спрощена з огляду на умови реалізації проекту, спонсор визначений в межах університету, власником стартапу виступає студент-дипломник, він же відповідає за розробку).

	Підготовчий запит	Підготовчий запит	Консультація	Той, кого цікавить	Не беруть участі в процесі			
Стейкхолдери / Задати	СПОНСОР	ВЛАСНИК СТАРТАПУ	ВСТУПНИКИ	ПРИЙМАЛЬНА КОМІСІЯ	КОМАНДА РОЗРОБИВЦІВ	Міністерство освіти і науки України	ЗАКОН УКРАЇНИ «Про захист персональних даних»	SEC-спеціаліст
1. Збір функціональних/нефункціональних вимог	1	A	1	1	1	1	1	1
2. Проектування, побудова дизайну/рішення	1	A	1	1	1	1	1	1
3. Технічне проектування, розробка, тестування	1	A	1	1	1	1	1	1
4. Впровадження	1	A	1	1	1	1	1	1
5. Підтримка	1	A	1	1	1	1	1	1

Рис. 1. Матриця відповідальності зацікавлених осіб

При визначенні функціональних та нефункціональних вимог до телеграм-боту ретельно були вивчені питання, пов'язані з безпекою. В контексті безпеки розглядалася важливість забезпечення надійності та конфіденційності інформації, яка обробляється і передається чат-ботом. Акцентовано увагу, що під час розробки чат-бота слід враховувати можливість шифрування чутливої інформації та забезпечення засобів автентифікації та авторизації, що дозволить встановити контроль над доступом до даних. Крім зазначеного були сформовані наступні бізнес-правила, які в подальшому трансформувалися в атрибути якості та вимоги до програмного забезпечення. Джерела бізнес-правил:

1. Держані нормативні акти, що регламентують вступну кампанію у вищі навчальні заклади, а саме: Закон України «Про вищу освіту», Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку вступу до вищих навчальних закладів України»; Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про порядок зарахування до вищих навчальних закладів України та переведення з них» тощо.

2. Закон України «Про захист персональних даних». Збір, обробка та зберігання персональних даних можливі лише за наявності згоди користувача.

3. Внутрішні нормативні документи університету.

4. Обмеження сервісу «Telegram» щодо можливості використання ботів у своїй мережі: обмеження на кількість запитів, які можуть бути

здійснені ботом, та на обсяг передачі даних через бота, вимоги до дизайну та інтерфейсу.

5. Обмеження на використання засобів AI.

Прототип телеграм-боту наведений на рис. 2.

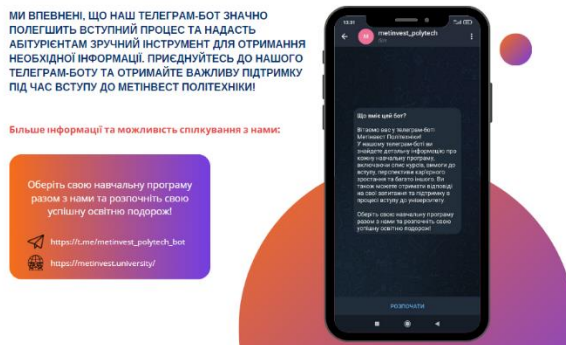


Рис. 2. Прототип телеграм-боту університету

Запропонований телеграм-бот стане ознакою цифровізації окремих процесів вступу, інструментом надання абітурієнтам зручного та безперешкодного доступу до актуальної інформації. А використання при проектуванні засад бізнес-аналізу забезпечить обґрунтованість щодо його подальшої розробки та впровадження.

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

International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 –
The mining and metals sector: integration of business, technology
and education”

November 29–30, 2023

Izdevniecība «Baltija Publishing»
Valdeķu iela 62 – 156, Rīga, LV-1058
E-mail: office@baltijapublishing.lv

Iespiests tipogrāfijā SIA «Izdevniecība «Baltija Publishing»
Parakstīts iespiešanai: 2023. 21. novembris
Tirāža 100 eks.