

Міністерство освіти і науки України
Державна наукова установа
«Інститут модернізації змісту освіти»
Український державний університет
науки і технологій /УДУНТ/
Інститут промислових та бізнес-технологій УДУНТ
Університет Аалто /Фінляндія/
Університет Алгарве Фаро /Португалія/
Технічний університет - Варна /Болгарія/
Технічний університет Відень /Австрія/
Національний авіаційний університет /Україна/
Дніпровський освітній центр /Україна/
Нікопольський факультет УДУНТ

Ministry of Education and Science of Ukraine
State Scientific Institution
“Institute of Education Content Modernization”
Ukrainian State University
of Science and Technologies /USUST/
Institute of Industrial and Business Technologies of USUST
Aalto University / Finland /
Universidade do Algarve /Portugal/
Technical University – Varna /Bulgaria/
Technical University of Vienna /Austria/
National Aviation University /Ukraine/
Dnipro Education Center /Ukraine/
Nikopol's Faculty of USUST



VII Міжнародна конференція «ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАУЦІ ТА ОСВІТІ. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД»

**23-25 грудня 2024 р.
м. Дніпро, Україна**

МАТЕРІАЛИ



VII International Conference «INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN SCIENCE AND EDUCATION. EUROPEAN EXPERIENCE»

**December 23-25, 2024
Dnipro, Ukraine**

PROCEEDINGS

Дніпро
Dnipro
Журфонд
Jourfond
2024

Схвалено Вченою радою навчально-наукового Інституту Дніпровський металургійний інститут УДУНТ і редакційною радою конференції

Укладачі: Т.С. Хохлова, Ю.О. Ступак

До збірника матеріалів VII Міжнародної конференції «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід» (23-25 січня 2024 р., Дніпро, Україна)* увійшло 55 доповідей (статті, тези), що надійшли до оргкомітету та були прийняті до опублікування.

Proceedings of the VII International Conference «Innovative technologies in science and education. European experience» (December 23-25, 2024, Dnipro, Ukraine) includes 55 reports (articles, theses) received by the organizing committee and accepted for publication.

* конференцію було включено до Переліку МОНУ наукових конференцій з проблем вищої освіти та науки на 2024 рік (розділ I /Міжнародні конференції/, поз. 707), з проведенням у м. Гельсінкі (Фінляндія), але через складні обставини, пов'язані з воєнним станом, за узгодженням з титульними організаторами (ун-т Аалто, ун-т Алгарве) конференцію вирішили провести в повністю «заочному» форматі, у м. Дніпро (УДУНТ), без виїзду учасників до університету Аалто

**Верстку збірника здійснено з оригіналів,
наданих авторами в електронному вигляді.**

**Тексти доповідей / статей, тез / та їх назви в змісті відтворені мовами оригіналів,
в редакції, запропонованій авторами, або узгодженій з ними.**

**Укладачі збірника і видавець не несуть відповідальності
за зміст матеріалів, наданих їх авторами, а також якість формул та ілюстрацій,
виконаних з відхиленнями від вимог редакційної ради.**

РЕДАКЦІЙНА РАДА EDITORIAL BOARD

Костянтин Сухий, д.т.н., проф. (Український державний університет науки і технологій)

Олександр Величко, д.т.н., проф., член - кореспондент Національної академії наук України (Український державний університет науки і технологій / Дніпровський металургійний інститут, Україна)

Драгомир Пламенов, д-р., проф. (Технічний університет - Варна, Болгарія)

Тетяна Хохлова, к.т.н., проф. (Український державний університет науки і технологій / Дніпровський металургійний інститут, Україна)

Кай Р. Ліліус, д-р, проф. (Університет Аалто, Гельсінкі, Фінляндія)

Валерій Іващенко, д.т.н., проф. (Український державний університет науки і технологій / Дніпровський металургійний інститут, Україна)

Ернст Козеснік, д.т.н., проф. (Технічний Університет Відень, Австрія)

Томас Диллінджер, д.т.н., проф. (Технічний Університет Відень, Австрія)

Володимир Кудін, д.т.н., проф. (Київський національний університет ім. Т. Шевченка)

Михайло Гасик, д.т.н., проф. (Університет Аалто, Гельсінкі, Фінляндія)

Рібейро Джонкалвес, доктор філософії, проф. (Університет Алгарве, Фаро, Португалія)

Адріано Примпао, доктор філософії, проф. (Університет Алгарве, Фаро, Португалія)

Генадій Швачич, д.т.н., проф. (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна)

Ельвіра Лузік, д. пед. н., проф. (Національний авіаційний університет, Україна)

Іван Іванов, д-р. інж., доц. (Технічний університет - Варна, Болгарія)

Наталія Ладогубець, к. пед. н., проф. (Національний авіаційний університет, Україна)

Юрій Ступак, к.т.н., доц. (Український державний університет науки і технологій / Дніпровський металургійний інститут, Україна)

Kostiantyn Sukhyi, Dr. Sc., Prof. (Ukrainian State University of Science and Technologies)

Alexander Velichko, Dr. Sc., Prof., Corr. Member of Ukraine National Academy of Sciences (Ukrainian State University of Science and Technologies / Dnipro Metallurgical Institute, Ukraine)

Drahomyr Plamenov, Dr., Prof. (Technical University of Varna, Bulgaria)

Tatyana Khokhlova, Dr. Eng., Prof. (Ukrainian State University of Science and Technologies / Dnipro Metallurgical Institute, Ukraine)

Kaj R. Lilius, Dr. Sc., Prof. (Aalto University, Helsinki, Finland)

Valery Ivashchenko, Dr. Sc., Prof. (Ukrainian State University of Science and Technologies / Dnipro Metallurgical Institute, Ukraine)

Ernst Kozeschnik, Dipl.-ing. Dr. techn., Prof., (Technical University Wien, Austria)

Thomas Dillinger, Dipl.-ing Dr. techn., Prof., (Technical University Wien, Austria)

Volodymyr Kudin, Dr. Sc., Prof. (Taras Shevchenko National University of Kyiv)

Michael Gasik, Dr. Sc., Prof. (Aalto University, Helsinki, Finland)

Ribeiro Joncalves, PhD., Prof. (University of Algarve, Faro, Portugal)

Adriano Primpao, PhD, Prof (University of Algarve, Faro, Portugal)

Henadii Shvachych, Dr. Sc., Prof. (Dnipro University of Technology, Ukraine)

Elvira Luzik, Dr. Sc. (Pedagogical), Prof. (National Aviation University, Ukraine)

Ivan Ivanov, Dr. Eng., Assoc. Prof. (Technical University of Varna, Bulgaria)

Nataliia Ladogubets, Candidate of pedagogical sciences, Prof. (National Aviation University, Ukraine)

Yurii Stupak, Dr. Eng., Assoc. Prof. (Ukrainian State University of Science and Technologies / Dnipro Metallurgical Institute, Ukraine)

НАПРЯМИ РОБОТИ КОНФЕРЕНЦІЇ

СЕКЦІЯ 1.

Інноваційні технології в освіті

- основні тенденції розвитку вищої освіти - національна специфіка, проблеми, пріоритети;
- здобутки і проблеми вузів України щодо інтеграції в європейський та світовий освітній простір, міжнародне співробітництво та інтеграція в сфері освіти;
- проблеми взаємодії освітніх інституцій і самостійність університетів;
- інформаційні й комунікаційні технології в освіті та для освіти;
- розробка та імплементація професійних і освітніх стандартів;
- проблеми вдосконалення освітніх програм та їх підготовки до акредитаційної експертизи;
- академічна мобільність викладачів та студентів в умовах єдиного європейського освітнього простору;
- використання штучного інтелекту в процесі навчання – нові можливості, нові виклики;
- роль гуманітарної освіти у розвитку ключових компетенцій конкурентоспроможного фахівця;
- проблеми організації та підтримки навчального процесу в освітніх закладах в умовах надзвичайних ситуацій;
- сучасні освітні технології та забезпечення навчання в змішаному та он-лайн форматах, новітні підходи до організації дистанційного навчання та контролю його результатів.

СЕКЦІЯ 2.

Сучасні проблеми розвитку науки і виробництва

- наука та інновації в діяльності вищих навчальних закладів, проблеми інтеграції освіти і науки;
- проблеми взаємодії освіти, науки та виробництва (бізнесу), інвестиційно-інноваційні аспекти розвитку науки;
- сучасні фактори трансформації промисловості в умовах глобалізації та комп'ютеризації;
- транспорт, логістика та комунікації як важлива складова економічної стійкості та розвитку в сучасних умовах;
- перспективні конструкційні матеріали та сучасні технології обробки матеріалів;
- автоматизоване управління технологічними процесами в промисловості і на транспорті;
- інформатизація та комп'ютеризація в промисловості та у транспортній галузі, програмно-технічні комплекси та технології;
- проблеми сталого розвитку промисловості й транспортної інфраструктури у кризових умовах;
- проблеми економічної теорії та актуальні проблеми сучасної економіки в умовах нестабільності.

SUBJECTS OF CONFERENCE WORK

SECTION 1.

Innovative technologies in education

- the main tendencies of the development of higher education - national specifics, problems, priorities;
- achievements and problems of Ukraine higher education institutions regarding integration into the European and world educational space, international cooperation and integration in the field of education;
- problems of educational institutions interaction and independence of universities;
- information and communication technologies in education and for education;
- development and implementation of professional and educational standards;
- problems of educational programs improving and their preparation for accreditation examination;
- academic mobility of teachers and students in the conditions of a common European educational space;
- the use of artificial intelligence in the learning process - new opportunities, new challenges;
- the role of humanitarian education in the development of a competitive specialist key competencies;
- problems of the educational process organizing and supporting in educational institutions in emergency situations;
- modern educational technologies and provision of training in mixed and online formats, the latest approaches to the organization of distance learning and control of its results.

SECTION 2.

Modern problems of science and production development

- science and innovations in the activities of higher educational institutions, problems of integration of education and science;
- problems of the interaction of education, science and production (business), investment and innovation aspects of the development of science;
- modern factors of industrial transformation in the conditions of globalization and computerization;
- transport, logistics and communications as an important component of economic stability and development in modern conditions;
- promising construction materials and modern materials processing technologies;
- automated management of technological processes in industry and transport;
- informatization and computerization in industry and in the transport industry, software and technical complexes and technologies;
- problems of sustainable development of industry and transport infrastructure in crisis conditions;
- problems of economic theory and current problems of the modern economy in conditions of instability.

Секція 1

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ

ГОЛОВА - ЛУЗІК ЕЛЬВІРА ВАСИЛІВНА

докт. пед. наук, професор,
завідувач кафедри педагогіки та психології професійної освіти
Національний авіаційний університет /Україна/

Section 1

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN EDUCATION

CHAIRMAN – ELVIRA LUZIK

Dr. (Pedagogical), Prof.
Head of the Department of Pedagogy and Psychology of Vocational Education
of National Aviation University /Ukraine/

ВЗАЄМОДІЯ З РОБОТОДАВЦЯМИ ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕЛЕВАНТНОСТІ ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ

*Проф., докт. техн. наук, гарант ОПП «Металургія» В.Ф. Балакін,
декан ф-ту¹, канд. техн. наук, проф. Т.С. Хохлова,
зав. каф.², канд. техн. наук, доц., заст. гаранта Ю.О. Ступак*

¹Нікопольський факультет (НФ) УДУНТ

²Кафедра теорії, технології та автоматизації металургійних процесів НФ УДУНТ

Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)

ННІ Дніпровський металургійний інститут (ДМетІ)

м. Дніпро, Україна

На Нікопольському факультеті УДУНТ з 2018 року реалізується освітньо-професійна програма (ОПП) «Металургія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, основним фокусом якої є підготовка фахівців, що задовольняють вимогам роботодавців в частині теоретичного і практичного навчання, здатних працювати в команді, на сучасному обладнанні, вмотивованих до самовдосконалення на робочих місцях, спроможних швидко адаптуватися до змін технологічних умов виробництва [1]. Як зазначалося у попередніх наших доповідях, зокрема [2], для ефективної адаптації ОПП до зовнішніх умов, що змінюються, вкрай важливими інструментами є процедури її моніторингу та періодичного перегляду, а також постійний зворотній зв'язок з роботодавцями, що здійснюється Нікопольським факультетом вже багато років поспіль [3-5].

П'ять років тому наказом МОН України [6] було затверджено «Положення про акредитацію освітніх програм, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти». У 2024 році було прийнято оновлену редакцію вказаного документу, до якої були внесені деякі зміни та доповнення [7]. Однак, все, що стосується взаємодії з роботодавцями при розробці та реалізації ОПП, залишилося незмінним (табл. 1).

Таблиця 1. Критерії оцінювання якості освітньої програми (відповідно до п. 8 розділу I Положення), в яких йдеться про взаємодію з роботодавцями [7]

Критерії	Фрагменти змісту критеріїв, що стосуються взаємодії з роботодавцями
Критерій 1. Проектування освітньої програми	... 4. Мета освітньої програми та програмні результати навчання визначаються з урахуванням потреб заінтересованих сторін. 5. Мета освітньої програми та програмні результати навчання визначаються з урахуванням тенденцій розвитку науки, спеціальності, ринку праці, галузевого та регіонального контексту...
Критерій 8. Внутрішнє забезпечення якості освітньої програми	... 3. Роботодавці безпосередньо та/або через свої об'єднання залучені до періодичного перегляду освітньої програми та інших процедур забезпечення її якості як партнери.

Продовження таблиці 1.

Критерії	Фрагменти змісту критеріїв, що стосуються взаємодії з роботодавцями
	4. Наявна практика збирання, аналізу та врахування інформації щодо кар'єрного шляху випускників освітньої програми (крім випадку проходження акредитації вперше). 5. Система забезпечення якості закладу вищої освіти забезпечує вчасне реагування на результати моніторингу освітньої програми та/або освітньої діяльності з реалізації освітньої програми, зокрема здійснений через опитування заінтересованих сторін. ...

Групою забезпечення якості (ГЗЯ) ОПП Металургія здійснюється постійна робота з виконання вимог Положення [7], зокрема – задля забезпечення виконання критеріїв, що зазначені у табл. 1. Так, у 2024 р. відповідно до розпоряджень університету щодо упорядкування освітніх програм, до згаданої ОПП було внесено деякі зміни, що стосувалися окремих освітніх компонент (табл. 2).

Таблиця 2. Зміни до ОПП Металургія Нікопольського факультету УДУНТ першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 136 - Металургія /фрагмент/

Стара редакція (2021)		Нова редакція (2024)	
Назва ОК	Кр.	Назва ОК	Кр.
Історія та культура України	6	Історія та культура України	3
Філософія	3	Філософія	4
Екологія та безпека життєдіяльності	3	Основи екології	3
Підприємницька діяльність та економіка підприємства	3	Правознавство	3
Основи охорони праці	3	Основи охорони праці та безпека життєдіяльності	4
Іноземна мова	6	Іноземна мова за професійним спрямуванням	8
Фізична культура	8	Фізична культура	4
Фізика	9	Фізика	6
Загальна та фізична хімія	10	Хімія	8
Комп'ютерні технології та програмування	5	Комп'ютерні технології та програмування	4
Електротехніка	4	Електротехніка	3
Механіка	10	Механіка	7
Теплотехніка	4	Теплотехніка	3
Основи обробки металів	9	Основи обробки металів	10
Основи металургії	16	Основи металургії	14
Виробнича практика	2	Виробнича практика	6

Як видно з табл. 2, коригування, що були внесені до ОПП, торкнулися циклів дисциплін як загальної, так і фахової підготовки, що на думку ГЗЯ потребувало узгодження з ключовими роботодавцями. Для цього були проведені відповідні консультації щодо погодження змін до ОПП в цілому та узгодження змісту окремих дисциплін фахової підготовки, зокрема «Основи обробки металів» та «Основи металургії», а також виробничої практики та

деяких інших освітніх компонент. В результаті проведеної роботи були отримані відгуки-погодження від ключових стейкхолдерів (ТОВ «Інтерпайп Нікотьюб», АТ «Нікопольський завод феросплавів», ПрАТ «Сентравіс продакшн Юкрейн»), які були оприлюднені на сторінці факультету [8], як того вимагає критерій 9 Положення [7].

Серед позитивних моментів роботодавцями було зазначено збільшення навчального часу (обсягу кредитів) на вивчення охорони праці, іноземної мови, основ обробки металів і особливо— збільшення втричі обсягу виробничої практики. На виробничі практики було наголошено окремо, оскільки вона на думку одного зі стейкхолдерів (АТ «НЗФ») значною мірою впливає на формування у майбутніх фахівців практичних навичок та подальшої мотивації щодо працевлаштування та самовдосконалення. ГЗЯ ОПП було взято до уваги пропозиції з боку фахівців підприємств щодо змісту дисципліни «Основи металургії», зокрема введення нового розділу «Новітні матеріали та металургійні технології», до якого рекомендовано включити відомості про сучасні металургійні процеси та загальні тенденції розвитку сучасної металургійної науки та практики.

З боку ПрАТ «Сентравіс продакшн Юкрейн» теж було висловлено низку цінних зауважень та пропозицій. Зокрема, у відгуку-погодженні цього стейкхолдера зазначалося як позитивне те, що при зміні обсягів окремих дисциплін вдалося зберегти незмінним перелік ключових вмінь та навичок, що повинні сформуватися в процесі навчання за ОПП Металургія. Зазначалося також, що для умов виробництва на ПрАТ найбільш важливими є наступні програмні результати навчання: ПР41...44 – як такі, що наголошують на необхідності володіння методами проектування твердотільних дво- та тривимірних моделей, сучасних комп'ютерних технологій та програмних комплексів для автоматизації робіт на етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва, навички застосовування пакетів прикладних програм для проведення інженерних розрахунків, в т.ч. для вирішення задач пластичної формозміни металів та сплавів для аналізу та проектування процесів обробки металів тиском; ПР45 – вміння визначати оптимальні параметри технологічних процесів холодної та гарячої обробки металів тиском, зокрема в трубному виробництві, з урахуванням специфіки обладнання, що використовується, хімічного складу металу вихідних заготовок та сортаменту, з урахуванням вимог до якості продукції.

В якості висновку можна навести фрагмент з відгуку одного зі стейкхолдерів щодо внесення змін до освітньої програми:

«... В цілому оновлення ОПП Металургія можна вважати таким, що дозволяє формування ключових для металургів компетентностей і не перешкоджає досягненню програмних результатів навчання, що задекларовані в програмі. Враховуючи зазначене, вважаємо, що зазначена освітня програма підготовлена та оновлена Нікопольським факультетом на високому професійному рівні, згідно зі стандартом вищої освіти та з

урахуванням сучасних тенденцій розвитку металургії, значною мірою враховує сучасні потреби феросплавного, сталеплавильного та трубного виробництва у м. Нікополь та в цілому в металургійній галузі» [8]

Вважаємо, що зазначене у відгуку є підтвердженням правильності обраної ГЗЯ стратегії щодо взаємодії з роботодавцями для забезпечення релевантності освітньо-професійної програми підготовки фахівців та її відповідності вимогам ринку праці. Вважаємо, що така взаємодія з роботодавцями є визначальним фактором формування та підтримання позитивного іміджу освітньої програми, факультету та університету в цілому.

Посилання

1. Освітньо-професійна програма «Металургія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 136 Металургія: Веб-сторінка Нікопольського факультету УДУНТ. URL: <https://nmetau.edu.ua/ua/mfac/i3002/p4402> (дата звернення 01.06.2024).
2. Балакін В.Ф., Ступак Ю.О. Досвід моніторингу освітньої програми з підготовки фахівців у галузі металургії (на прикладі ОПП Металургія Нікопольського факультету УДУНТ) / В мат-лах XVIII Міжнар. конф. "Стратегія якості в промисловості і освіті" (03 - 06 червня, 2024, Варна, Болгарія). –Дніпро: Журфонд, 2024. – С. 149-155.
3. Хохлова Т.С., Ступак Ю.О., Савченко Г.Г. (2020) Зміст та якість базової освіти як суттєвий чинник якості підготовки фахівців у сучасному технічному закладі вищої освіти. Освітні обрії. №1(50). 2020. – С. 190-200. DOI: <https://doi.org/10.15330/obrii.50.1.190-200>
4. Хохлова Т.С., Ступак Ю.О., Соловійова І.А. та ін. Щодо участі роботодавців у вдосконаленні змісту підготовки фахівців в університетах / IV Міжнар. конф. "Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід" (6 – 8 грудня, 2021, Гельсінкі, Фінляндія). – Дніпро-Гельсінкі, 2021. –С. 103-106.
5. Балакін В.Ф., Хохлова Т.С., Ступак Ю.О. та ін. Трансформація змісту підготовки фахівців відповідно до запитів роботодавців як необхідна умова конкурентоспроможності сучасного університету / V Міжнар. конф. "Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід" (29 листопада, 2022, Дніпро, Україна). Електронне видання. – Дніпро, Журфонд, 2022. –С. 15-17.
6. Положення про акредитацію освітніх програм, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти // Офіційний портал Верховної ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-19#Text> (дата звернення 10.12.2024).
7. Положення про акредитацію освітніх програм, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти // Офіційний портал Верховної ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1013-24#Text> (дата звернення 10.12.2024).
8. Офіційний сайт ННІ ДМетІ / Сторінка кафедри ТТтаАМП Нікопольського факультету / Акредитація / Рецензії та відгуки стейкхолдерів. URL: <https://nmetau.edu.ua/ua/mdiv/i2062/p4413> (дата звернення 10.12.2024).

ОСВІТНІ ВТРАТИ В УКРАЇНІ: МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ЗАПОБІГАННЯ ТА МІНІМІЗАЦІЇ

Ст. викладач І.А. Батарейна, здобувач в.о. А.С. Братченко

Кафедра дошкільної освіти і соціальної роботи

*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана
Хмельницького, м. Запоріжжя, Україна*

Пандемія та війна негативно вплинули на українську освіту. За результатами аналізу стану справ у сфері освіти і науки, наведеними у Стратегічному плані діяльності Міністерства освіти і науки України до 2027 року серед багатьох інших, не менш значущих викликів, наведено такі: «Освітні втрати, зумовлені тривалим навчанням здобувачів освіти в умовах пандемії та війни», «Відсутність цілісної системи й низька якість психологічної підтримки здобувачів освіти, педагогічних працівників та інших учасників освітнього процесу в закладах освіти» та «Відсутність у закладах освіти або недостатній рівень підготовки практичних психологів, фахівців для надання корекційно-розвиткових і психолого-педагогічних послуг, а також фахівців (консультантів) інклюзивно-ресурсних центрів» [6].

Розглядати освітні втрати необхідно як комплексний показник освітньої системи в цілому та досягнень особистості. В умовах воєнного стану ці втрати значно зросли, що впливає не тільки на поточний рівень знань та навичок здобувачів освіти, але й на їх освітні та наукові перспективи.

Так, стрес та психологічні травми знижують здатність українських здобувачів освіти до сприйняття та засвоєння навчальних матеріалів в умовах сьогодення. Щодня збільшується кількість здобувачів освіти, які отримали психологічні травми та потребують психологічної підтримки в навчальному процесі. Сучасні реалії підкреслюють важливість цієї підтримки учасників освітнього процесу. Отже, молоді люди стикаються з труднощами у концентрації, засвоєнні нової інформації та досягненнями через психологічні травми, стрес і його наслідки.

Найбільш точно визначення травми дає DSM-5 [7], описуючи її як результат «експозиції до смерті, загрози смерті, серйозного поранення або його загрози, сексуального насилля або його загрози, у такі способи: безпосередньо пережити, бути свідком, дізнатися про пережиття травми родичем або близьким другом, експозиція до відразливих деталей травми, зазвичай у часі виконання професійних обов'язків». Травмована може бути людина у різному віці, але чим раннішими та тривалішими були травми, тим більший їхній вплив на людину.

За даними Центру психічного здоров'я та травмотерапії «Простір надії» [1] посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) є одним з найвідоміших та найпоширеніших серед психологічних розладів, який діагностується у близько 30% дітей і дорослих, які зазнали травматичних подій.

Переживання травматичних подій є важким випробуванням для людської психіки. Не всі, хто зазнав травми, має внутрішні ресурси та підтримку оточення для стабілізації та відновлення. Зіткнення зі смертю та іншими загрозами спричиняє симптоми, які суттєво впливають на життя та здатність до навчання, що призводить до освітніх втрат.

Освітні втрати є причиною зниження рівня кваліфікації працівників у майбутньому, що означає нижчі темпи національного економічного зростання. Освітні втрати характеризують відмінності досягнень здобувачів освіти у порівнянні з обов'язковими результатами навчання, досягнення яких визначено освітніми стандартами. Вони зумовлені як індивідуальними обставинами (тривалі пропуски учнями занять через особистісні причини), так і масштабними надзвичайними подіями (пандемії, екологічні катаклізми, суспільні потрясіння, війна) [4].

У стратегічному плані діяльності Міністерства освіти і науки України до 2027 року у розділі «Підтримка та супровід осіб з особливими освітніми потребами» (Пріоритет 9) визначена кінцева мета: «Усі особи, які цього потребують, отримують необхідну підтримку в освітньому процесі та освітні послуги, психолого-педагогічну підтримку та супровід для успішної інтеграції в суспільство». У цьому ж розділі наведені показники досягнення цієї мети, де увага приділена таким категоріям населення, як ветерани та діти, що є не менш важливим напрямом.

На сьогоднішній день психологічна підтримка здобувачів освіти в Україні знаходиться на низькому рівні. Заклади вищої освіти запровадили в своїй діяльності роботу психологічних центрів з психологічної підтримки учасників освітнього процесу на вимогу виконання наказу МОН №509 «Про затвердження Положення про психологічну службу у системі освіти України». Але, за даними служби освітнього омбудсмена та громадської організації «Центр інноваційної освіти «Про.Світ» [5], на даний час наявна ціла низка проблем у цьому напрямку, серед яких: кадрове забезпечення психологічної служби, перевантаженість документацією та звітуванням, навантаження іншою роботою тощо, що безумовно знижує якість та кількість надання допомоги учасникам освітнього процесу.

Безумовно значущим та актуальним є оперативне виявлення освітніх втрат здобувачів освіти та розроблення й реалізація конкретних механізмів їхньої компенсації, що при поточному стані дуже складно робити.

Тут корисним може бути досвід служби психологічної підтримки здобувачів освіти чеського університету Масарики (Masaryk University) [3]. На базі університету створено консультативний центр для здобувачів освіти та персоналу навчального закладу. На відміну від багатьох подібних ініціатив, у цьому центрі працюють саме практикуючі психологи, а не викладачі, навіть якщо вони за освітою психологи чи практичні психологи. Адже, у викладачів без того дуже велике навантаження. З огляду на інтернаціональність здобувачів вищої освіти психологи різномовні для забезпечення найкращої комунікації, взаєморозуміння та надання своєчасної

якісної допомоги. Закладом передбачено 10 безкоштовних консультацій на рік для студентів.

На відміну від практик, що застосовуються у більшості країн, у тому числі і в Україні, в цьому центрі немає тренінгів та семінарів, надаються тільки консультації, які не є терапією. Для допомоги студентам створені групи емоційної підтримки.

Окремий центр у Masaryk University створено для осіб з особливими освітніми потребами, який виконує також консультативну та інформаційну функцію, а не діагностичну.

У випадку наявних ознак депресії, ПТСР студенти можуть звернутися до спеціаліста, який ставить йому офіційний діагноз, на підставі якого в університеті для цієї людини створюються спеціальні умови для навчання. Наприклад у випадках порушення пам'яті, когнітивних порушеннях зсувається дедлайн для виконання завдань, збільшується відведений час на екзамен, на виконання тестів.

За даними ЕСОЗ у 2023 році кількість пацієнтів з ПТСР в Україні зросла майже в чотири рази в порівнянні з 2021 роком [2]. Показники у розрізі цифр за роками виглядають так:

- 2021 - 3 167 пацієнтів;
- 2022 - 7 051 пацієнтів;
- 2023 - 12 494 пацієнтів.

Водночас за даними спостереження, проведеними спеціалістами Masaryk University, ознаки ПТСР мають 98% українських студентів, але вони не мають діагнозу, і, як наслідок, не користуються гнучкими можливостями для здобуття освіти, що могли б полегшити процес їхнього навчання, бо не звертаються до спеціалістів.

Висновки. Система психологічної підтримки учасників освітнього процесу в Україні зараз знаходиться не на вищому рівні. Впровадження міжнародного досвіду у цьому напрямку може знизити освітні втрати, які, як відомо, мають накопичувальний ефект.

Посилання

1. Горбунова В. Посттравматичний стресовий розлад (ПТСР). Центр психічного здоров'я та травмотерапії «Простір надії» URL: https://ipz.org.ua/wp-content/uploads/2017/12/PROSTIR_NADIY-dr.pdf
2. Єдиний веб-портал органів виконавчої влади України: національна служба здоров'я України. URL: <https://nszu.gov.ua/novini/v-esoz-protyagom-ostannih-dvoh-rokiv-fiksuyetsya-znachne-zbi-1203>
3. Круглий стіл «Інноваційні траєкторії розвитку психологічних служб закладів вищої освіти в умовах викликів і змін». В рамках II Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасна вища освіта: досягнення, виклики та перспективи розвитку в умовах невизначеності». МДПУ ім. Б. Хмельницького, 5 жовтня 2024 року.

4. Назаренко Ю. Освітні втрати: підходи до вимірювання та компенсації. Веб-ресурс Cedos. URL: https://cedos.org.ua/wp-content/uploads/zapyska_osvitni-vtraty.pdf
5. Проблеми психологічної служби закладів загальної середньої освіти та пропозиції щодо їх розв'язання. Веб ресурс служби освітнього омбудсмена України URL: <https://eo.gov.ua/problemny-psykholohichnoi-sluzhby-zakladiv-zahalnoi-serednoi-osvity-ta-propozytsii-shchodo-ikh-rozv-iazannia/2024/05/20/>
6. Стратегічний план діяльності МОН до 2027 року. URL: <https://mon.gov.ua/strategichniy-plan-diyalnosti-mon-do-2027-roku>
7. American Psychiatric Association, DSM-5 Task Force. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™ (5th ed.). American Psychiatric Publishing, Inc. URL: <https://psycnet.apa.org/record/2013-14907-000>

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ В СУЧАСНОМУ ОСВІТНЬОМУ ПРОСТОРІ

*Викладач-методист Л.Д. Борачук
ВСП «Вінницький фаховий коледж НУХТ»
м. Вінниця, Україна*

Метою державної Національної програми "Освіта" ("Україна XXI ст.") є виведення освіти в Україні на рівень розвинутих країн світу, що можливо лише за умов відходу від авторитарної педагогіки і впровадження сучасних педагогічних технологій. Саме цим зумовлена зараз увага педагогів, методистів до інновацій.

Під педагогічними інноваційними технологіями розуміється якісно нова сукупність форм, методів і засобів навчання, виховання й управління, яка приносить суттєві зміни у результат педагогічного процесу. Важливою проблемою педагогічної технології є забезпечення цілісного педагогічного впливу, зорієнтованого не на окремі якості особистості, а на структуру особистості в цілому.

Аналіз інноваційної діяльності показує, що в їх практиці в основному впроваджуються технології, серед яких можна виділити: особистісно орієнтоване навчання та виховання, громадянську освіту, профільне навчання, технологію групової навчальної діяльності, теорію рівневої диференціації навчання, психолого-педагогічне проектування соціального розвитку особистості учнів, інформаційні технології, здоров'язберігаючі технології навчання, проєктивне навчання, теорію проблемного навчання, інтерактивні технології, технологію формування творчої особистості, театральну педагогіку, технологію навчання як дослідження, технологію гуманізації педагогічної діяльності, трансформацію педагогічних ідей В.О.Сухомлинського в практику роботи загальноосвітніх навчальних

закладів, розвиток критичного мислення, технологію комплексно-цільового управління закладом освіти, теорію ігрових технологій, теорію раннього та інтенсивного навчання грамоті.

Найбільш поширеними технологіями, які ми використовуємо на заняттях є:

Технологія розвивального навчання (авт. Д.Ельконін, В.Давидов). Система розвивального навчання передбачає формування активного, самостійного творчого мислення учнів і на цій основі поступового переходу в самостійне навчання.

Інтерактивні технології (авт. О.Пометун, Л.Пироженко), ідея якої полягає в тому, що процес пізнання відбувається за умови постійної активної взаємодії всіх учнів. Залежно від мети уроку, форм організації навчальної діяльності використовуються інтерактивні технології кооперативного навчання, колективно-групового навчання, ситуативного моделювання, опрацювання дискусійних питань.

Технологічний концепт проектних технологій (авт. Баханов К., Гузєєв В., Єрмаков І., Пехота О.) орієнтує на дієвий спосіб здобуття нових знань у контексті конкретної ситуації та їх використання на практиці. Метод проектів як технологія у сучасних умовах трансформувалася у проектну систему організації навчання, за якою учні набувають знань і навичок у процесі планування й виконання практичних завдань проектів.

Технологія особистісно - орієнтованого навчання (авт. Якимська І., Савченко О., Подмазін С.) полягає у створенні оптимальних умов для розвитку й становлення особистості як суб'єкта діяльності і суспільних відносин, яка будує свою діяльність і стосунки відповідно до стійкої ієрархічної системи гуманістичних і буттєвих особистісних цінностей.

Інформаційні технології навчання надають доступ учням до нетрадиційних джерел інформації. Створюють можливості для творчої діяльності, формування професійних навичок. Можливість реалізувати нові форми та методи навчання. [1]

У сучасному інформаційному суспільстві надзвичайно виросла роль віртуальних комунікацій. Обсяги інформації, що надходять до індивіда віртуальними комунікаціями, у багато разів перевищують обсяги інформації, що надходить у межах природної комунікації. Змінюється вся технологія отримання інформації та роботи з нею. У цьому контексті в умовах глобального світу соціалізація особистості повинна включати володіння новою інформаційною культурою, що забезпечує можливість отримання та обмін інформацією за допомогою сучасних інформаційних технологій. У сучасних умовах все більш широко спостерігається таке явище, як відхід у віртуальну реальність, роль і значення якої виросло надзвичайно. Тобто, в інформаційному суспільстві, крім звичайних взаємин між людьми, коли люди спілкуються безпосередньо один з одним (комунікація в природних умовах), з'явилися відносини між людиною і машиною (комп'ютерні симуляції, тренажери, ігри), машиною і людиною (різні датчики, супутники тощо),

забезпечений взаємозв'язок людей за допомогою машин (телекомунікації). Отже, застосовувані сьогодні мультимедійні технології дуже різноманітні і використовуються у всіх сферах життя. Вони є елементами реального та віртуального світів і породжені віртуальними комунікаціями. Представлення інформації мультимедійними засобами забезпечується як у межах усвідомленої дії, так і на рівні підсвідомості. [2]

Пережиті пандемія COVID-19 та військові дії створили унікальні можливості для власного шляху розвитку інноваційних технологій навчання, поєднавши роботу в аудиторіях із дистанційним навчанням. Подібних аналогів на даний момент не прослідковується. Застосування Zoom, Meet та інші платформи для відео конференцій дають можливість не лише проводити заняття та заходи, а й здійснювати екскурсії, походи; тести, веб-квести, інші завдання можна проходити як при дистанційному навчанні, так і в аудиторії. Готувати проекти, здійснювати пошукову роботу цілком реально, перебуваючи і в дома, і в аудиторії, як індивідуально, так і колективно.

Скажімо, при вивченні кожної нової теми можна готувати проекти за індивідуальними темами, малювати плакати за цими темами, створювати тести, кросворди, веб-квести, потім роздавати однокласникам для їх проходження, відчувачи себе одночасно і творцем і виконавцем; гуглити проблемні питання, на які не знають відповідей; дискутувати з питань, які виникають при обговоренні; наводити власні життєві приклади, робити висновки. І з подивом з'ясовується, що форма навчання може бути як очна, так і дистанційна, вони можуть навіть бути поєднані.

Автоматично відпадає потреба витратити час на конспектування, коли лекція може бути завантажена викладачем у Viber перед заняттям, під час, чи після нього. А крім лекції ще необхідні для опрацювання матеріалу презентації, фото, відео.

Телефон чи ноутбук стає обов'язковою складовою якісного навчання. Можливості для бажаючих отримати гарні знання та якісну освіту значно розширюються, як і способи подачі навчального матеріалу та контроль знань. Використання новітніх інформаційних методів стає для викладача перевіркою на пластичність та здатність адаптуватися до нових умов і викликів. ТанDEM «викладач-студент» сьогодні успішно долає межі аудиторії, дозволяючи опрацьовувати інформацію, знаходити відповіді, доповнювати викладача та один одного.

Посилання

1. Височанська Т.В., Коваль В.С., Конончук Г.В., Місюра О.С. Інноваційні технології на уроках біології та в позакласній діяльності.: навч-метод. посіб. Рівне, 2015. 58 с. <https://msu.edu.ua/library/wp-content/uploads/2019/02/pryklady-oformlennja-bibliografichnoho-opysu-zhidno-dstu-8302.pdf>
2. Інноваційні технології в сучасному освітньому просторі: колективна монографія / За заг. редакцією Г.Л. Єфремової. – Суми: Вид-во СумДПУ імені А.С.Макаренка, 2020. – с. 12-13
<http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/14608/1/MonPaluch.pdf>

ПЕРЕВАГИ МЕТОДУ ПРОЕКТІВ ПІД ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ПРИ ВИКЛАДАННІ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН

*Викладач вищої категорії О.А. Борачук
ВСП «Вінницький фаховий коледж НУХТ»
м. Вінниця, Україна*

Специфіка організації навчального процесу у ВНЗ І-ІІ р.а. полягає в тому, що студенти паралельно здобувають кваліфікацію фахового молодшого бакалавра та отримують знання загальноосвітніх дисциплін, зокрема біології та екології.

Знання основ саме цих предметів дає можливість сформувати у свідомості молодой людини наукову картину живої природи, виховати екологічну культуру, озброїти знаннями, викликати потребу у здоровому способі життя. Серед всього розмаїття сучасних педагогічних технологій особливу увагу привертає метод проектів, який не тільки навчає студента здобувати знання самостійно, а й використовувати набуті знання для розв'язування певних пізнавальних задач, прищеплює уміння збирати інформацію, аналізувати її, робити узагальнення, висновки. [1]

Термін «проект» з латинської «proectus» означає «кинутий уперед». У сучасному розумінні проект — це намір, який буде здійснено в майбутньому.

Ця педагогічна технологія направлена на застосування фактичних знань та набуття нових (часто шляхом самоосвіти) і є прикладом вдалого поєднання аудиторної та позааудиторної діяльності. Тема проекту є більшою за навчальні завдання, бо вимагає від її виконавців пошукових зусиль, дослідження та розроблення оптимального виконання, створення малюнків, неодмінного публічного захисту та аналізу підсумків упровадження. [2]

Враховуючи широке розповсюдження на практиці проектної технології навчання, варто окреслити основні поняття, ознаки даної технології.

Мета і завдання проектної технології:

- навчити студентів систематизувати отримані знання;
- практично застосовувати знання;
- набувати нові, глибші знання із певної проблеми;
- здобувати знання самостійно та застосовувати їх для розв'язання практичних завдань;
- сприяти формуванню у студентів комунікативних навичок;
- навчити студентів робити висновки.

Типи проектів:

1. Творчі проекти.
2. Ігрові проекти.
3. Інформаційні проекти.
4. Практико-орієнтовані проекти.
5. Дослідницькі проекти.

Проектна технологія передбачає наявність проблеми, що вимагає інтегрованих знань і дослідницького пошуку її розв'язання. Це є одним із завдань особистісно орієнтованої педагогіки. [1]

Проект, який організовано викладачем, але самостійно виконується обдарованою молоддю, це комплекс дій щодо вирішення значущої для студента проблеми, яка завершується створенням конкретного продукту. Проект повинен бути орієнтований на досягнення чітко запланованого, процедурно оформленого у відповідності до конкретних вимог і вираженого у вигляді продукту діяльності результату. Проектна діяльність, у першу чергу, вимагає від самого учасника (учасників) діяльності стати суб'єктом власної активності, сформувати компетенції на кожному етапі проектування. Викладач спрямовує діяльність студентів, тобто здійснює підтримку самостійної роботи, а саме консультування, мотивацію. Зверніть увагу на етапи та основні вимоги виконання навчального проекту. Етапи виконання: пошуковий, аналітичний, практичний, презентаційний та контрольний.

До основних вимог реалізації навчальних проектів відносять: – визначення проблеми проекту. Вона повинна бути: дослідницькою, інформаційною, практичною, тобто соціально значущою; – планування проекту – визначення виду продукту і форми презентації; поопераційна розробка проекту із зазначенням термінів і відповідальних; – пошук інформації – дослідницька робота студентів як обов'язкова умова проекту; – результатом навчального проекту є готовий конкретний вид діяльності (продукт); – презентація і захист проекту; – портфоліо проекту – папка, в якій зібрані всі робочі матеріали (чернетки, звіти, плани, результати досліджень та аналізу, матеріали до презентації тощо). Слід зазначити, що під час виконання навчального проекту відбувається активність у межах студентської групи, студенти мають можливість використовувати не лише знання з навчальних предметів, а й навчаються вести перемовини, ухвалювати спільні рішення, нести відповідальність відповідно до своєї ролі в команді при виконанні навчального проекту й разом висвітлювати результати своєї діяльності. При використанні цього підходу у викладачів є можливість розкривати в студентів творчі здібності, допомагати їм розвивати вроджені здібності, що не вдається часом у традиційній системі заняття.

Окрім того, проектне навчання часто реалізується через міждисциплінарні зв'язки, які виходять за межі програми одного конкретного предмету. Це значно розширює можливості викладачів і сприяє креативності, а студенти мають окремі завдання, у процесі вирішення яких отримують практичні навички, непередбачені в теоретичній частині освітнього процесу. Звертаємо увагу на те, що під час виконання навчальних проектів в студентів, які їх виконують, посилюється мотивація до навчання, розвивається критичне мислення, формуються знання щодо роботи у конкретних практичних ситуаціях, навички роботи з інформацією та удосконалюються комунікативні навички. [3]

В контексті дистанційного навчання метод проектів не втрачає своєї актуальності, адже висока цифровізація суспільства дозволяє працювати студентам та викладачу на віддалі один від одного без втрати комунікації. Єдиний нюанс вводить масове використання студентами штучного інтелекту, якому можна задати тему, і він не лише видасть текст, але і підготує презентацію (програми для презентацій за допомогою штучного інтелекту «Gamma», «Tome» та ін). Потрібно наголошувати студентам, що штучний інтелект може підготувати хибну інформацію, а відрізняє зазвичай такі презентації велика кількість загальних фраз та вельми узагальнені ілюстрації.

Особливо сприяють проектному методу теми з біології II семестру: «Основи здорового способу життя», «Статева безпека і культура», «Негативний вплив на здоров'я алкоголю, паління, наркотиків», «Вплив стресових факторів на здоров'я». В цих темах, окрім загальноприйнятих тем проектів можна запропонувати розібратися: чим медичний канабіс відрізняється від коноплі, як наркотика; кальян, електронна сигарета чи звичайна – чи може щось з цього переліку бути менш шкідливим; аборти – за і проти; культура вживання алкоголю тощо. Під час підготовки до таких проектів студенти мають опрацювати значний обсяг матеріалу, бо готових презентацій вони не знайдуть, а презентації штучного інтелекту одразу себе видають. Подібні проекти можна готувати як індивідуально, так і студентами в групах.

Отже, метод проектів не втрачає своєї актуальності, незалежно від форми навчання. Це сучасний дієвий метод, при якому організація, планування, проведення та інтерпретація результатів досліджень полегшує сприйняття нової інформації, удосконалює експериментальні навички студентів, навчає їх обробляти та систематизувати інформацію в цифровому світі, де її надзвичайно багато.

Посилання

1. Москаленко Л. Застосування методу проектів при вивченні біології у ВНЗ I-II рівнів акредитації. *XVIII Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття.»* Чернівці, 2013 <http://oldconf.neasmo.org.ua/node/848>
2. Заставна О. Особливості організації проектної діяльності на уроках біології. *Всеосвіта*. 2018 <https://vseosvita.ua/library/metod-proektiv-na-urokakh-biologii-18901.html>
3. Каленик О. Інноваційні підходи до навчання обдарованої учнівської молоді (методичні рекомендації). *Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти*, 2020. <http://www.soippo.edu.ua/images/novyna1/Rekomendacii.pdf>

ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЗАХИСТ ПРАВ УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В УМОВАХ ЗМІШАНОГО ТА ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Канд. юр. наук, доц. І. Б. Брийовська

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1807-613X>

Кафедра економіко – правових дисциплін

Львівський університет бізнесу та права, Україна

У статті розглядаються правові аспекти регулювання дистанційної освіти з акцентом на захист персональних даних, забезпечення інтелектуальної власності та відповідальність освітніх закладів за якість навчального процесу. Особливу увагу приділено аналізу національних та міжнародних нормативних актів, які встановлюють обов'язки освітніх установ щодо збору, обробки та зберігання даних учасників освітнього процесу, а також вимоги до авторського права на освітні матеріали. Висвітлено права та обов'язки студентів і викладачів у змішаних і дистанційних формах навчання, зазначаючи специфічні обмеження й нові виклики, пов'язані з цифровим середовищем. Розкрито механізми ліцензування контенту, використання технологічних рішень для захисту авторських прав, а також роль міжнародного співробітництва у забезпеченні стандартів якості та доступності освіти.

В умовах дистанційної освіти персональні дані учнів і викладачів стають об'єктом підвищеної уваги через необхідність забезпечення їхньої конфіденційності та безпеки.

Законодавче регулювання захисту персональних даних у сфері освіти визначає обов'язки освітніх закладів і провайдерів платформ щодо збору та обробки інформації про студентів і викладачів. Зокрема, законодавчі акти передбачають вимоги до збору мінімально необхідної інформації, забезпечення належного рівня захисту даних, а також встановлення правових умов для передачі персональних даних третім особам.

Важливим аспектом є дотримання міжнародних стандартів захисту персональних даних, таких як Загальний регламент захисту даних (GDPR) в Європейському Союзі, який передбачає суворі вимоги до збору, обробки та зберігання персональних даних у цифрових системах громадян Європейського Союзу та врегулювання процесу обробки таких даних компаніями, що набув чинності 25 травня 2018 року. [1]. Для забезпечення відповідності національних освітніх систем цим стандартам важливими є такі компоненти, як контроль доступу до персональних даних, регулярний моніторинг інформаційної безпеки платформ, використання шифрування даних.

Отже, правове регулювання дистанційної освіти в частині захисту персональних даних спрямоване на створення умов для безпечного обміну інформацією між учасниками освітнього процесу та захисту їхніх прав.

Розвиток онлайн-освіти супроводжується активним створенням та розповсюдженням цифрових освітніх матеріалів, що порушує питання

авторських прав і захисту інтелектуальної власності. Основними категоріями, які підлягають правовому захисту в онлайн-освіті, є лекції, навчальні курси, відеоматеріали, цифрові підручники, презентації та інші види контенту, що створюються викладачами та навчальними закладами. Важливість правового регулювання у цій сфері зумовлена потребою захистити авторів контенту від несанкціонованого використання або копіювання їхніх робіт.

Авторські права на освітні матеріали захищаються згідно з національними законами про інтелектуальну власність, а також міжнародними угодами, такими як Бернська конвенція про охорону літературних і художніх творів. Правова база визначає права творців на їхні матеріали, зокрема право на відтворення, розповсюдження, публічне виконання та адаптацію матеріалів, а також передбачає обов'язкову згоду автора на їх використання іншими особами або організаціями. [2].

У контексті онлайн-освіти особливого значення набувають питання ліцензування та надання доступу до матеріалів. Ліцензування може здійснюватися на підставі відкритих ліцензій, таких як Creative Commons, [3] які дозволяють авторам обмежувати або дозволяти використання їхніх творів у певних межах, наприклад, для некомерційного використання або без права на модифікацію. Крім того, для захисту освітніх матеріалів у цифрових середовищах застосовуються технологічні засоби, зокрема цифрові водяні знаки, обмеження доступу, шифрування та системи управління цифровими правами (DRM), які забезпечують контроль за доступом і використанням контенту. [4]

Таким чином, правове забезпечення захисту інтелектуальної власності в онлайн-освіті є важливим фактором розвитку цієї сфери. Наявність чітких правових рамок сприяє мотивації авторів до створення якісного контенту, забезпечує безпечне використання матеріалів та попереджає ризики неправомірного доступу або порушення авторських прав.

Змішані та дистанційні форми навчання формують специфічний правовий простір для учасників освітнього процесу, який визначає їхні права, обов'язки, а також можливі обмеження. Поданий підхід вимагає нових правил та адаптації існуючих норм, щоб забезпечити належну якість навчання та захист інтересів обох сторін — студентів та викладачів.

Права студентів включають доступ до навчальних матеріалів, незалежно від формату навчання, право на отримання обґрунтованої оцінки, захист їхніх персональних даних, а також доступ до необхідної технічної підтримки для участі в онлайн-заняттях. Також вони мають право на захист своєї інтелектуальної власності, наприклад, при створенні дослідницьких робіт, проектів або презентацій.

Обов'язки студентів включають дотримання академічної доброчесності, що передбачає відмову від плагіату та інших форм недобросовісної поведінки. Вони також мають забезпечувати технічну підготовку для участі у заняттях, дотримуватись розкладу та виконувати завдання вчасно, а також

поважати правила використання навчальних платформ і зберігати конфіденційність інформації, якою вони користуються під час навчання.

Права викладачів включають право на академічну свободу, тобто вибір методів та матеріалів для викладання, право на захист авторських прав на створені навчальні матеріали, а також право на конфіденційність особистих даних під час взаємодії зі студентами. Викладачі мають право на технічну підтримку та інструменти, необхідні для якісного проведення занять у дистанційному форматі. [5]

Обов'язки викладачів включають забезпечення належної якості навчальних матеріалів, надання обґрунтованої та об'єктивної оцінки результатів навчання студентів, дотримання політик конфіденційності та захисту даних, а також забезпечення етичної взаємодії зі студентами. Викладачі повинні дотримуватись академічних стандартів і норм доброчесності у викладанні.

Обидві сторони — студенти та викладачі — стикаються з певними обмеженнями. Для студентів це обмеження в доступі до фізичних ресурсів навчальних закладів, а також вимога забезпечити себе технічними засобами для участі в навчанні. Для викладачів обмеження полягають у необхідності використовувати певні платформи, дотримуватися правил безпеки даних та захищати конфіденційність студентів. Важливим також є контроль за дотриманням доброчесності з боку студентів у дистанційному форматі, що вимагає використання додаткових технологічних рішень.

Таким чином, правовий статус студентів і викладачів у змішаних та дистанційних формах навчання визначає чіткі межі їхніх прав і обов'язків, що забезпечує організоване та якісне надання освітніх послуг у нових умовах.

Зростання ролі дистанційного навчання змушує заклади освіти адаптуватися до нових умов, забезпечуючи належну якість освітніх послуг у цифровому форматі. Важливою частиною цього процесу є юридична відповідальність освітніх установ за якість навчання, яка регулюється як національними нормативними актами, так і міжнародними стандартами.

Правові вимоги щодо якості освіти визначають обов'язки закладів освіти в частині забезпечення відповідного рівня навчальних матеріалів, доступу до необхідних ресурсів, кваліфікації викладачів та створення безпечного інформаційного середовища для дистанційного навчання. Зокрема, заклади освіти мають дотримуватися стандартів якості, які охоплюють підготовку та професійний розвиток викладачів, адекватне технічне обладнання, а також підтримку інфраструктури навчальних платформ.

Відповідальність за якість дистанційного навчання також включає правові зобов'язання забезпечувати рівний доступ до освітніх ресурсів для всіх учнів, незалежно від їхніх технічних можливостей чи фізичного місцезнаходження. Це зобов'язання вимагає від закладів навчання впровадження адаптованих рішень, таких як доступність платформи для

людей з інвалідністю, технічна підтримка, а також мінімізація бар'єрів, пов'язаних із доступом до цифрових ресурсів.

Моніторинг і оцінювання якості є невід'ємною частиною юридичної відповідальності закладу. Освітні установи мають регулярно здійснювати оцінку якості послуг через внутрішні механізми моніторингу, які можуть включати опитування студентів, аналіз результатів навчання та оцінку задоволеності освітнім процесом. Результати таких моніторингів служать основою для коригування навчальних програм та методів викладання.

У контексті дистанційного навчання велике значення надається захисту персональних даних студентів і викладачів. Законодавчі вимоги зобов'язують заклади забезпечувати конфіденційність і безпеку інформації, що передається через навчальні платформи, та відповідати за порушення, пов'язані з витоком чи несанкціонованим доступом до даних (захист даних через шифрування, обмеження доступу та регулярні аудити безпеки).

Отже, юридична відповідальність закладів освіти за якість дистанційного навчання охоплює низку обов'язкових заходів і вимог, які повинні виконуватися для забезпечення доступної та якісної освіти в умовах цифрового середовища.

Дистанційна освіта, що стрімко розвивається, вимагає узгоджених міжнародних підходів і стандартизації для забезпечення якості та доступності навчання. Оскільки країни мають різні рівні розвитку освітніх систем і законодавчих норм, міжнародне регулювання дистанційного навчання стає важливим інструментом для формування глобально узгоджених підходів.

Міжнародні стандарти та рекомендації з регулювання дистанційної освіти розробляються різними організаціями, включаючи ЮНЕСКО, Європейський Союз і Організацію економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР). Вони включають рекомендації щодо якості освітніх програм, кваліфікації викладачів, забезпечення доступності навчання для різних категорій студентів, а також щодо захисту прав учасників освітнього процесу. Наприклад, ЮНЕСКО наголошує на необхідності створення рівних умов для доступу до дистанційного навчання та дотримання етичних стандартів при використанні технологій у освіті. [6]

Європейський Союз розробив спеціальні нормативні документи, які підтримують розвиток дистанційної освіти в рамках загальних програм, таких як Erasmus+ та Horizon Europe. Вони включають вимоги до інституцій щодо технічної підготовленості, інтеграції цифрових технологій і захисту даних студентів. Директиви ЄС регулюють питання визнання дипломів і сертифікатів, отриманих через дистанційне навчання, а також забезпечують мобільність студентів і викладачів.

Порівняння національних підходів до регулювання дистанційного навчання виявляє значні відмінності. У Сполучених Штатах, наприклад, дистанційна освіта регулюється на рівні окремих штатів, але підтримується федеральними стандартами, які стосуються акредитації програм і захисту прав студентів. Федеральні рекомендації спрямовані на гарантування якості

освіти через систему акредитації, яка вимагає відповідності програм певним критеріям, що включають кваліфікацію викладачів і наявність ресурсів для навчання. [7]

Таким чином, міжнародне регулювання та національні підходи до дистанційної освіти спрямовані на забезпечення високих стандартів якості, захист прав студентів та інтеграцію інноваційних технологій у навчальні процеси. Це сприяє створенню умов для ефективного навчання, адаптованого до вимог сучасного суспільства.

Висновки

1. Дистанційна освіта підвищує ризики для конфіденційності персональних даних студентів і викладачів. Важливими аспектами є дотримання міжнародних стандартів (зокрема, GDPR), забезпечення мінімізації збору даних, шифрування та регулярний моніторинг безпеки освітніх платформ.

2. У контексті онлайн-освіти актуальним залишається дотримання авторських прав на цифрові навчальні матеріали. Використання відкритих ліцензій (Creative Commons) і технологічних рішень (цифрові водяні знаки, DRM) забезпечує захист контенту від несанкціонованого використання.

3. Дистанційне навчання формує специфічний правовий простір для студентів і викладачів. Студенти мають право на доступ до якісних матеріалів, захист персональних даних та інтелектуальної власності. Викладачі користуються академічною свободою, захистом авторських прав і підтримкою у впровадженні технологій. Обидві сторони зобов'язані дотримуватися принципів академічної доброчесності та правил конфіденційності.

4. Освітні установи зобов'язані гарантувати якість навчального процесу через забезпечення технічної підготовленості, адаптацію платформ, підвищення кваліфікації викладачів і створення безпечного середовища для обміну інформацією.

5. Міжнародні організації (ЮНЕСКО, ЄС) формують стандарти якості та рекомендації, спрямовані на доступність освіти, інтеграцію технологій і захист прав студентів. Національні підходи до регулювання варіюються, але загальна тенденція полягає в акредитації програм та захисті прав учасників освітнього процесу.

6. Розвиток дистанційного навчання вимагає інноваційних рішень у регулюванні доступу до освітніх ресурсів, забезпеченні технічної підтримки та моніторингу якості навчання. Узгоджені міжнародні підходи сприяють стандартизації та підвищенню ефективності цифрової освіти.

Таким чином, чітке правове регулювання дистанційної освіти є ключовим фактором її розвитку, забезпечення прав і обов'язків учасників та мотивації до створення якісного контенту в умовах глобальної цифровізації.

Посилання

1. Грицун, Ольга, В. Микулець. Правові аспекти захисту даних: gdpr та його вплив на українське законодавство (2024). <http://dspace.megu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/5233>
2. Васильців, Т. Г. "ББК 65.422. 57 I 73." (2015). <https://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/kafedry/Ekonomiky/Docs/In.vlasnist.pdf>
3. Капіца, Ю., Шахбазян, К., Махновський, Д., Вакаренко, О., Радченко, А., & Болкотун, З. (2017). Авторський колектив. https://ipr.nas.gov.ua/wp-content/uploads/2020/07/Metody%D1%81hni_rekomendaciyi_avtorske_pravo_2017.pdf
4. Лящов, В. О. Охорона прав інтелектуальної власності у цифровому середовищі. MS thesis. Сумський державний університет, 2020. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/81975/1/Lyashev_Masters_thesis.pdf;jsessionid=8234791080BD528B45FA3B0EF1D374EA
5. Прокопенко, А. І., et al. "Технології дистанційного навчання: методологія створення та супроводу навчальних курсів." (2019). <https://dspace.hnpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f86feb48-7230-4c44-bede-1ab0e2f786fc/content>
6. Пуховська, Л.П. та ін. Організаційно-педагогічне забезпечення дистанційного навчання в професійно-технічних навчальних закладах. <http://surl.li/aterin>
7. Козубовська, Ірина Василівна, Олеся Ярославівна Стойка, and Лариса Юріївна Сідун. "Історико-педагогічні аспекти розвитку вищої освіти в США (кінець XX початок XXI століття)." (2015). <http://surl.li/zujnvd>

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ ПАЛІАТИВНОЇ ДОПОМОГИ: МОЖЛИВОСТІ ТА ВИКЛИКИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Голова правління, канд. політ. наук О.О. Вольф
Благодійна організація «Асоціація паліативної та хоспісної допомоги»
м. Київ, Україна

Кількість осіб похилого віку та людей із важкими, невиліковними захворюваннями в Україні залишається високою. В умовах воєнного стану статистика смертності в нашій країні за 2023 та 2024 роки залишається недоступною. Однак наявні дані також свідчать про загальні тенденції. Наприклад, у 2017 році загальна кількість померлих становила 583 600 осіб, а в 2021 році, вже з урахуванням наслідків пандемії коронавірусу Covid-19, ця цифра зросла до 714 263 осіб [4]. Кількість смертей від новоутворень у 2019 році склала 61 289 [1], у 2021 році — 53 012 [2], а в 2022 році — 42 660 осіб (без урахування тимчасово окупованих територій) [3]. Для таких осіб може надаватися паліативна та хоспісна допомога. Відповідно до визначення

Всесвітньої організації охорони здоров'я, «паліативна допомога — це підхід, що покращує якість життя пацієнтів (дорослих і дітей) та їхніх сімей, які стикаються з проблемами, пов'язаними з загрозливими для життя захворюваннями. Вона запобігає та полегшує страждання завдяки ранньому виявленню, правильному оцінюванню та лікуванню болю та інших проблем, як фізичних, так і психосоціальних чи духовних» [5]. Цей вид допомоги може надаватися не лише у медичній сфері, але й викликає інтерес у суміжних галузях, таких як соціальна робота, психологія, політологія, економіка та інші.

В умовах сучасного розвитку системи охорони здоров'я України важливим аспектом залишається впровадження ефективних моделей паліативної допомоги. У цьому контексті обмін досвідом з європейськими країнами, зокрема Польщею та Швецією, є необхідним кроком на шляху до покращення якості медичних і соціальних послуг. Благодійна організація «Асоціація паліативної та хоспісної допомоги» в Україні організувала низку навчальних поїздок до цих країн, щоб вивчити найкращі практики та адаптувати їх до українських реалій.

У цьому матеріалі представлені основні результати впровадження цієї інноваційної освітньої діяльності.

Однією з країн, куди відбувалися поїздки, була Польща, оскільки ця країна є прикладом близького географічного та ментального партнера.

Польща є країною, де система паліативної допомоги розвинена на високому рівні. Українські фахівці ознайомилися з:

- Роботою мультидисциплінарних команд, до складу яких входять лікарі, медсестри, соціальні працівники та психологи.
- Практиками знеболення, які відповідають міжнародним стандартам.
- Системою прокату медичного обладнання, що дозволяє пацієнтам отримувати необхідні ресурси вдома. Цей підхід вже було адаптовано в Україні в рамках пілотного проєкту в Печерському районі Києва.

Протягом 2011-2019 років Асоціація організувала понад 25 навчальних візитів до Польщі, в яких взяли участь понад 200 фахівців з різних регіонів України. Заклади, які приймали участь у цих візитах, включають Malopolskie Hospicjum dla Dzieci, Rzeszow Hospicjum, Centrum Zdrowia Dziecka та інші.

Під час навчальних поїздок до Швеції акцент було зроблено на мультидисциплінарній співпраці та професійній освіті.

У Швеції учасники навчальних поїздок ознайомилися з:

- Рольовою функцією соціальних працівників та психологів у забезпеченні паліативної допомоги.
- Інформаційними кампаніями для населення щодо важливості гуманного ставлення до тяжкохворих пацієнтів.
- Питаннями професійної освіти, зокрема підготовкою медичних кадрів для роботи в хоспісах та паліативних відділеннях.

Фінансування навчальних поїздок здійснювалося коштом учасників та за підтримки Асоціації. Інколи до організації долучалися донори, серед яких фармацевтичні компанії та благодійні фонди. Кожна поїздка тривала 4-5 днів і

дозволяла встановлювати неформальні зв'язки між українськими та європейськими фахівцями.

Ці поїздки мали значний вплив на поширення європейського досвіду у сфері паліативної допомоги в Україні, зокрема, й сприяли впровадженню інноваційних підходів.

Європейські моделі паліативної допомоги демонструють важливість міждисциплінарної співпраці, яка включає:

- Координацію між медичними та соціальними службами.
- Використання сучасного обладнання та технологій для догляду за пацієнтами.
- Забезпечення прав пацієнтів та підтримки їхніх родин.

Пілотні проєкти, започатковані за результатами навчальних поїздок, включають:

- Організацію системи прокату медичного обладнання.
- Підготовку освітніх матеріалів для медичних працівників.
- Проведення інформаційних кампаній серед населення.

Попри позитивні результати, впровадження європейських практик в Україні стикається з такими труднощами:

1. Відсутність системного підходу до паліативної допомоги на національному рівні.
2. Обмежене фінансування з боку держави.
3. Недостатня обізнаність медичного персоналу про сучасні стандарти паліативної допомоги.

Висновки

Європейський досвід організації паліативної допомоги є зразком для України у прагненні до інтеграції в ЄС. Для подальшого розвитку необхідно:

1. Розробити та впровадити національні стандарти паліативної допомоги.
2. Залучити додаткові фінансові ресурси, включаючи міжнародну допомогу.
3. Забезпечити професійне навчання медичного та соціального персоналу.
4. Сприяти розвитку мультидисциплінарної співпраці на всіх рівнях системи охорони здоров'я.

Адаптація найкращих європейських практик сприятиме покращенню якості життя тяжкохворих пацієнтів в Україні та їхніх родин, а також наближенню України до стандартів ЄС.

Посилання

1. Рак в Україні, 2019–2020 рр., захворюваність, смертність, показники діяльності онкологічної служби. *Бюлетень Національного канцер-реєстру України*. № 22. URL: http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL_22/index.htm (дата звернення 12.09.2024).
2. Рак в Україні, 2020–2021 рр., захворюваність, смертність, показники діяльності онкологічної служби. *Бюлетень Національного канцер-реєстру*

- України. № 23. URL: http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL_23/index.htm (дата звернення 13.09.2024).
3. Рак в Україні, 2022–2023 рр., захворюваність, смертність, показники діяльності онкологічної служби. *Бюлетень Національного канцер-реєстру України*. № 25. URL: http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL_25/index.htm (дата звернення 12.09.2024).
4. Смертність в Україні. URL: <https://opendatabot.ua/open/death-statistics> (дата звернення 13.09.2024).
5. World health organisation. Palliative care. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/palliative-care> (дата звернення 22.09.2024).

РИТОРИКА В МЕДИЧНІЙ ОСВІТІ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КОМУНІКАТИВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНЬОГО ЛІКАРЯ

Канд. філос. наук, доц. О.А. Вячеславова

Кафедра філософії, біоетики та історії медицини

Національний медичний університет імені О.О.Богомольця

Київ, Україна

Сучасний Стандарт вищої медичної освіти завдяки впровадженню компетентнісного підходу до підготовки фахівців системи охорони здоров'я, сприяв якісному оновленню програмного забезпечення дисциплін у навчальних планах закладів вищої освіти. Програма комплексної інтегрованої дисципліни «Логіка. Формальна логіка. Риторика: теорія та практика публічних виступів» (для студентів другого курсу) була розроблена викладачами кафедри філософії, біоетики та історії медицини Національного медичного університету імені О.О. Богомольця з метою реалізації вимог компетентнісного підходу до підготовки майбутніх лікарів. Оновлення програми через введення змістового модулю, присвяченого риторичному знанню, орієнтовано на формування культури мислення і комунікативної компетентності студентів. Впровадження курсу в навчальний процес здійснювалось впродовж 2023-2024 і поточного 2024-2025 навчальних років. Запропоновані нотатки є спробою короткого огляду деяких проблем, які дозволяє висувати перед студентами теоретичний матеріал дисципліни, присвячений риторичному знанню.

Безсумнівно, що для студента, аспіранта, молодого лікаря теорія публічного виступу важлива як неусувна складова рефлексії і якісної репрезентації, оприлюднення результатів наукової роботи, що визначає доцільність поєднання в навчальний комплекс логічного і риторичного змістових модулів. Разом з тим зазначимо, що попри усталену і тривалу

традицію розуміння риторики як автономної науки про способи підготовки і оголошення ораторських промов сучасний прагматичний підхід наголошує, що «сферою інтересу риторики є ... комунікація. Інколи її навіть визначають як теорію та майстерність ефективного (цілеспрямованого, впливового) мовлення» [1, с.10]. В сучасній комунікології риторична модель розглядається як одна із базисних парадигм комунікації (поряд із кібернетичною, феноменологічною, семіотичною, соціокультурною, соціально-психологічною, критичною у класифікації за Р. Крейгом). Специфіка її полягає в розумінні комунікації як практики переконливого мовлення. Можливість подібного розширеного комунікативного тлумачення містила вже одна із гілок риторичної традиції, а саме запропоноване Аристотелем розуміння риторики як «мистецтва переконання» [1, с.9]. Отже, риторичне знання здатне виступати одним із шляхів формування комунікативної компетентності, зокрема, і лікарської комунікативної компетентності.

Методичною передумовою для виявлення комунікативного потенціалу риторики є компаративний погляд на професійну комунікативну дію лікаря і практику оратора. Цікаво зазначити, що стратегію комунікативної діяльності лікаря можна визначити в термінах практичної риторики: мета професійного мовлення, або «для чого я буду говорити»; оцінка слухача / пацієнта, або «кому я буду говорити»; предмет повідомлення, або «що повинен з'ясувати слухач». Спільними для лікарської комунікації і практики оратора завжди будуть наявність конкретної мети мовця і завдання наступного відстеження продуктивності / ефективності мовленнєвого акту: чи відбулось досягнення мети? Саме такий діяльнісний підхід передбачає сучасна теорія мовленнєвих актів, що склалась у філософії мови в XX столітті (Дж. Сьорль, Дж. Остін), за якою здійсненням мовленнєвого акту мовець вчиняє *дію впливу з певною метою* на думки, почуття і вчинки слухача, зміну його ментального або психічного стану, збуджує прагнення до дії, спонукає до певної поведінки тощо. А схеми і моделі комунікативного акту, що склались в теорії комунікації в XX столітті завдяки працям Г. Лассвела, К. Шеннона, У. Вівера та інших науковців, можна розглядати, зокрема, і як своєрідне теоретичне і технічне узагальнення тривалого практичного досвіду, акумульованого в риторичному знанні: окремим ланкам таких моделей не складно знайти відповідники в арсеналі риторичної практики.

Поняття впливу, що є ключовим у риторичній (ораторській) промові завжди проголошується «з метою певного впливу на аудиторію» [1, с.11], зазвичай не є предметом окремої уваги в контексті комунікативних навчальних курсів для майбутніх лікарів. Між тим ефективність лікарської комунікації з пацієнтом залежить не лише від інформування слухачів, а й від спроможності викликати бажану реакцію пацієнта (готовність до співпраці в діагностичному і лікувальному процесі, налаштованість дисципліновано виконувати рекомендації лікаря, змінити

режим існування, викликати довіру до лікаря та інше, що передбачено поняттям комплаєнсу). Приблизний перелік функцій, які зазвичай може виконувати лікарське повідомлення (інформувати; довести свою правоту; спонукати до дії; обговорити проблему; знайти істину; виразити своє розуміння і дати свою оцінку; створити певну психологічну атмосферу) дає можливість побачити вагомість впливової комунікації в структурі комунікативної практики лікаря.

На нашу думку, варто наголошувати в навчанні впливовий характер лікарської комунікації і водночас диференціювати прийнятні способи впливу від тих, що можуть сприйматись як «нав'язування». Серед різноманіття способів впливу (примус, доведення, маніпуляція, навіювання та ін.) риторичне знання віддає перевагу переконанню. Як спосіб впливу переконання характеризується тим, що, по-перше, здійснюється свідомо, по-друге, формує волю людини, яка зазнає впливу [1, с.16]. «Ситуація переконуючої комунікації» [1, с.15] є найбільш поширеною в практичній діяльності лікаря: лікар намагається показати значимість тих тверджень, які він пропонує пацієнтові; пацієнт, здійснюючи акт інтеріоризації, приймає припис / твердження лікаря як необхідне і далі діє відповідно власній волі і власному бажанню.

Переконання як базова категорія риторики виявляє тісний взаємозв'язок між логічним знанням, риторикою і теорією аргументації. Програма навчального курсу дає можливість студентам порівнювати логічну і риторичну аргументацію, спираючись на окреслені ще Аристотелем модуси переконання (логос – етос – пафос). В контексті комунікативних знань і практик продуктивним є виявлення певної неповноти логіки як царини, якій притаманні лише ті засоби переконання, що апелюють до розуму. До характеристики переконливої лікарської комунікації в повній мірі можна віднести тезу: якщо мовець «зосереджується тільки на логосі, то він не виправдано позбавляє себе можливості використання інших способів впливу (в деяких випадках більш ефективних)» [1, с.33]. Останнє зауваження актуалізує дієвість апеляції до почуттів (пафос - модус переконання) як особливості риторичної аргументації, адже впливовість і переконливість залежить і від тих емоцій, які будуть збуджені мовцем у слухачів. Ще Аристотель, опрацьовуючи власну версію риторики, зазначав: «...ми приймаємо різноманітні рішення під впливом задоволення чи незадоволення» [Цит. за: 1, с.14], тобто на основі емоційних оцінок (подобається / не подобається, бажане / небажане). І ефективність лікарської комунікації буде залежати, зокрема, і від вміння викликати в пацієнта почуття, які могли б вплинути на його думку, дії і поведінку, спрямувати її в належному річищі. Зазначене можна розглядати і в міждисциплінарному аспекті, наприклад, в контексті біоетичної характеристики колегіальної (партнерської) моделі відносин лікаря і пацієнта: риторичний підхід

дозволяє характеризувати колегіальні (партнерські) відносини саме як прояв впливової переконливої комунікації лікаря з пацієнтом.

В фокусі уваги оновленого навчального курсу перебуває низка питань, корисних для студентів в прагматичному аспекті: особливості вербального, невербального, психологічного впливу; комунікативні бар'єри і девіації; комунікативні проблеми, пов'язані з логічними помилками та прийомами, з помилками в аргументації; закони риторики, зокрема, закон позитивної настройки слухачів; питання майстерності виконання статусної лікарської ролі, передбаченої середовищем та ситуацією та ін.

Висновки. Підсумовуючи, зазначимо, що оновлення навчального курсу із залученням блоку риторичних знань буде сприяти формуванню у студентів уміння встановлювати цілі, завдання, мету професійної лікарської комунікації, реалізовувати ефективні комунікативні стратегії і тактики міжособистісного і професійного характеру.

Посилання

1. Колотілова Н.А. Риторика. Навч. посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 282 с.

THE IMPACT OF GENERATIVE AI ON THE LEARNING PROCESS

*Ph.D., visiting researcher Alexey Dubinsky
Pablo de Olavide University, Seville, Spain*

The triumphant emergence of ChatGPT and other generative AI systems has posed a new challenge to the education system. Students are now consistently using generative systems in their everyday learning. It is natural for students to adapt to new technologies and seek ways to optimize their work.

Instead of searching the internet for answers and hints, as they used to, they now directly ask generative AI to generate answers to questions or complete teacher assignments. In fact, we are dealing with a new form of plagiarism, where the author of the assigned answers is not another person, but a generative system.

Thus, for many students, the level of engagement with the subject matter has decreased even further. Previously, they had to browse several web pages and select the most suitable text from several options. Now, they simply need to copy the generated answer, knowing that it corresponds to the given question. In this way, generative AI leads to a more superficial study of the material, as students cease to delve deeper into the topic, content with ready-made answers.

On the other hand, more intelligent students, who are more interested or more involved in the topic, and who previously conducted a deeper iterative search,

selecting search queries and compiling results from several sources, have now mastered the basics of prompt engineering and ask generative systems questions several times, achieving the generation of a more suitable text.

How can the "other side" of the educational process - teachers and administrators - respond to this challenge?

The first path is opposition or resistance. To maximally restrict, prohibit the use of technical, computer systems, to switch to live face-to-face interaction, or to use only verified equipment with disabled access to intelligent assistants.

This is only possible with full-time education or by using certified, controlled training centers for conducting exams and testing. This approach is well-known and is already used in conducting licensing exams, certification of a number of skills, etc. It requires certain investments and control. It is unlikely to be advisable to use it more often than for final control at the end of a semester or subject cycle (upon completion of a course). This requires a decision from the university management, the adoption of an appropriate strategy, and targeted activities for the entire university (or network of training centers). We assume that over time, all the best universities will be forced to do this in order to maintain the level of knowledge of their students at a sufficient level. Probably, this process will be more active and natural in western universities than in Ukrainian universities, due to a lower tolerance for academic dishonesty.

Previously, when educators encountered the first versions of generative AI systems, various ways were found to circumvent or complicate their use by students. However, new generations of generative systems demonstrate a significantly higher level of intelligence. They are much better at solving mathematical problems, can respond well in languages that are less represented on the Internet, etc. Thus, we believe that the strategy of exploiting partial limitations and weaknesses of generative systems is rapidly becoming obsolete.

The second path is acceptance. We know that the use of generative AI increases productivity. In the real world of business, soon all intellectual activities of employees will require skills of effective collaboration between humans and AI. Quality education should take place, among other things, in conditions similar or close to future work. Therefore, educational tasks should provide for the use of generative AI as a necessary part of the daily intellectual activity of any modern person. It is important to teach students to interact effectively with these technologies, developing critical thinking and the ability to evaluate the results obtained.

Conclusions

We believe that clear guidelines regarding the use of generative AI should be established within the learning rules and integrated into relevant documents. This will help to address the ambiguity surrounding its use. It is crucial that these regulations are formulated with a focus on progressive adaptation rather than outright prohibition. We are confident that the education system will successfully navigate this challenge. By adapting and incorporating the responsible use of AI, the system can effectively prepare future generations for intellectual engagement in a rapidly evolving, increasingly intelligent world.

References

1. Yusuf, A., Pervin, N. et al. Generative AI and the future of higher education: a threat to academic integrity or reformation? Evidence from multicultural perspectives. *Int J Educ Technol High Educ* 21, 21 (2024).
2. Uddin M., Abu S. et al. Ethical Frameworks To Mitigate Academic Misconduct While Leveraging Generative AI, *ICERI2024 Proceedings*, pp. 8695-8704. doi: 10.21125/iceri.2024.2175
3. Padillah R., Ghostwriting: a reflection of academic dishonesty in the artificial intelligence era, *Journal of Public Health*, Volume 46, Issue 1, March 2024, Pages e193–e194, <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdad169>
4. Dubinsky, A. Transforming Education Through Generative Intelligence: Implications and Perspectives, *ICERI2023 Proceedings*, pp. 5729-5734. doi: 10.21125/iceri.2023.1423
5. Baron, P. Are AI detection and plagiarism similarity scores worthwhile in the age of ChatGPT and other Generative AI?. *Scholarship of Teaching and Learning in the South*, 8(2), 151–179.
6. Panda S., Kaur N., Exploring the Role of Generative AI in Academia: Opportunities and Challenges. *IP Indian Journal of Library Science and Information Technology*, volume 9, issue 1, 2024 10.18231/j.ijlsit.2024.003
7. Pudasaini, S., Miralles-Pechuán, L. et al. Survey on AI-Generated Plagiarism Detection: The Impact of Large Language Models on Academic Integrity. *J Acad Ethics* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10805-024-09576-x>

АДАПТИВНІ МЕТОДИ ІНТЕГРАЦІЇ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ

*Проф., канд. техн. наук З.В. Дудар, аспірант В.О. Усачов
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків,
Україна*

Найпоширенішою проблемою, яка постає перед авторами навчальних курсів під час комп'ютерного (дистанційного) навчання, є інтеграція різномірних навчально-методичних матеріалів у єдиний курс навчання. Актуальним є завдання створення інструментальних систем підтримки інтеграції навчально-методичних матеріалів, до яких висуваються жорсткі вимоги, тому що ефективність навчання істотно залежить від форми та якості надання навчальних матеріалів. В основу подібних систем закладається розподілена модель зберігання інформації.

Основу змісту сучасних навчальних курсів мають становити освоювані способи діяльності, а не конкретний предметний зміст. З погляду мережевих технологій, інструментальна система підтримки інтеграції навчально-

методичних матеріалів має виконуватися на спеціально виділеному сервері навчання. Також необхідно зазначити, що вся інструментальна система загалом і серверна частина зокрема мають відповідати мінімальним вимогам безпеки, не допускаючи втручання учнів у процес квазівипадкової видачі контрольних завдань і оцінювання результатів їх виконання. Ця обставина зумовлює необхідність багатопотокової серверної реалізації тих функцій системи, які пов'язані з перевіркою відповідей учнів і наданням доступу до системи і до баз даних навчальних курсів.

Навчальний курс подається у вигляді спрямованого графа, у якому вузлами слугують документи спеціального виду - слайди, а ребрами - переходи між ними. З кожного вузла учень може потрапити в один із кількох інших вузлів, безпосередньо пов'язаних із ним ребрами. Який перехід буде обрано, вирішує система на основі даних про учня і поточного стану навчального процесу. Насамперед під час розв'язання використовуються протокол роботи і модель учня. Протокол являє собою файл, у який автоматично заноситься інформація про всі дії, які виконував суб'єкт навчання за терміналом комп'ютера. На основі аналізу протоколу, за необхідності, можна скорегувати модель учня. Модель суб'єкту навчання, має містити відповіді на запитання не тільки про те, що знає і вміє робити конкретний суб'єкт навчання, а й про те, до якого психологічного типу він належить і чого досяг за час навчання.

Деякі вузли курсу можуть бути позначені як обов'язкові для відвідування. Стартовий вузол вибирають на основі рівня підготовки учня, виявленого за допомогою блоку вступного тестування. Вибір конкретного переходу (напрямку подальшого розвитку навчального процесу) здійснюється на основі правил, пов'язаних із кожним із ребер переходу.

Інформація у вузлах курсу навчання має бути розбита на невеликі смислові частини слайди. Слайди можуть бути двох типів: інтерактивні та інформаційні. Інформаційні слайди складаються тільки з об'єктів відображення текстової та графічної інформації, відтворення аудіо- та відеофрагментів і кнопок керування ходом навчального процесу. Інтерактивні слайди, крім перелічених об'єктів, можуть також містити об'єкти, що реалізують різні види тестових завдань для організації зворотного зв'язку з учнем і оперативного контролю засвоєння знань, а також для набуття учнем необхідних навичок. У поточній версії цієї інструментальної системи стосовно інтерактивних слайдів використовується біноміальна модель педагогічного тесту. У рамках цієї моделі результат виконання кожного завдання оцінюють за бінарною шкалою: 1, якщо випробовуваний успішно виконав завдання, що містяться в даному інтерактивному слайді; 0 - в іншому випадку. Таким чином, у навчальному курсі кожен інтерактивний слайд має щонайменше два вихідних ребра: одне відповідає успішному виконанню тестового завдання, друге - неправильному вирішенню завдання. За такого підходу, кількість інтерактивних слайдів у блоці інтерактивного навчання, а також кількість запитань у блоці завершального тестування визначають такі

параметри: N - шукана кількість інтерактивних слайдів; p - ймовірність успішного виконання тестового завдання (істинний бал учня, що характеризує істинний рівень навченості); d - надійність визначення параметра p ; Φ_0 - інтеграл імовірностей (функція Лапласа); ε - точність визначення істинного бала учня p .

Задаючи значення величин точності (ε), надійності (d) і, враховуючи поточний рівень навченості (p), за допомогою формул можна визначити необхідну кількість інтерактивних слайдів у підготовлюваному курсі навчання. У разі виникнення необхідності проведення комплексної об'єктивної атестації з високим ступенем точності ($\varepsilon = 0,05$) і надійності ($d = 0,9$), для випробовуваних з істинним рівнем навченості $p = 0,7$ буде потрібно підготувати $N = 228$ інтерактивних слайдів. Зауважимо, що об'єктивні зарубіжні тести для професійної атестації (для адвокатів, лікарів, бухгалтерів тощо) містять, як правило, від 220 до 250 тестових завдань, за p у діапазоні від 0,7 до 0,75. Однак для визначення якості засвоєння матеріалів навчального курсу не потрібна надзвичайно висока точність педагогічного вимірювання. Для цієї мети цілком підійде середня точність і надійність, тому величини ε і d можна покласти рівними 0,1 і 0,8 відповідно. У цьому випадку, для визначення істинного бала $p = 0,6$ достатньо підготувати 40 інтерактивних слайдів.

Під час особистих контактів зі студентом викладач має можливість визначити особистісні якості та індивідуальні особливості суб'єкта навчання. Це дає йому змогу адекватно коригувати процес навчання, змінюючи форму і зміст матеріалу, тактику і стратегію навчання, а іноді й методологію викладання. Для цього викладач використовує суб'єктивно усвідомлену модель учня. У разі комп'ютерного (дистанційного) навчання такої можливості у викладача практично немає.

Таку форму навчання цілком логічно розглядати як людино-машинну систему, в якій суб'єкт навчання, і викладач виступають у ролі людини-оператора. Якщо суб'єкт навчання, керує системою набуття знань, то викладач опосередковано керує процесом навчання. Як і під час проєктування людино-машинної системи, при створенні інтелектуальної комп'ютерної навчальної системи слід вирішувати питання перерозподілу функцій між людиною та обчислювальними засобами.

З цією метою пропонується використовувати в процесі навчання індивідуальну модель суб'єкта навчання, яка будується на основі експертних оцінок [1]. При цьому передбачається, що процес навчання являє собою послідовну сукупність освоєння окремих розділів навчального матеріалу. Кожен етап навчання закінчується тестуванням. Суб'єкт навчання, може керувати процесом свого навчання за допомогою вибору способів освоєння навчального матеріалу.

Під моделлю суб'єкта навчання, будемо розуміти нечіткий недетермінований автомат виду [2]:

$$A = \langle U, X, Y, s_0, \delta, \sigma \rangle, \quad (1)$$

де $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ - скінченна множина входів; $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ - скінченна множина станів; $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_p\}$ - скінченна множина виходів; $\delta: X \times U \times X \rightarrow [0, 1]$ - функція переходів; $\sigma: X \times Y \rightarrow L$ - функція виходів; S_0 - початковий стан.

Функція δ породжує множину нечітких матриць переходу:

$$T = \{\delta_{X_i, X_j}(U)\}, (1 \leq i \leq j \leq n); \quad (2)$$

функція породжує нечітку матрицю виходу. Серед множини станів автомата виокремлюють множину фінальних (заклучних) станів X_n . Нас цікавитиме такий тип автомата, для якого кожен стан X_i , ($i \in I = \{1, \dots, n\}$) залежить від попереднього стану X_{i-1} . Подібна залежність може визначатися послідовністю реалізації підцілей, пріоритетом виконання тощо.

У цьому випадку автомат можна задати як нечіткий граф:

$$G = \{\mu_G(X_{i-1}, X_i) \in M\}, \quad (3)$$

де M - множина приналежностей елементів $X_{i-1} \times X$. При такому розгляді мета навчання декомпозується на i послідовних (за часом освоєння матеріалу) підзадач. Будемо інтерпретувати X_i як множину результатів i -го тесту, Y_j , ($j \in J = \{1, \dots, p\}$) - як множину інтервалів часу на навчання, L - як множину доходів, пов'язаних із реалізацією обраного способу навчання (освоєння матеріалу) $u \in U$ на інтервалі часу Y_j . Очевидно, що в розглянутому типі автомата $m = n$ може трактуватися як число послідовних етапів (кроків) досягнення мети.

Управлінські рішення і стани підзадач, що протікають у часі, будемо трактувати як нечіткі події на інтервалі Y_k , ($1 \leq k \leq p$). За такого підходу функція переходів може задаватися експертним шляхом і відображати вже наявний досвід навчання, виходячи з практичного досвіду викладання навчального матеріалу. При цьому, природно, не враховується результат навчання залежно від часу його реалізації, а також особистісні особливості набуття знань конкретним індивідом. Для врахування цієї обставини необхідно побудувати індивідуалізовану функцію переходів. Із цією метою використовується вихідна інформація від суб'єкта навчання, яка містить прогноз застосування того чи іншого способу освоєння матеріалу залежно від можливих результатів тестування у вигляді функції $\mu: X_i \times U_1 \rightarrow [0, 1]$, а також прогноз переходу керованого процесу навчання з початкового стану S_0 на першому кроці рішення в залежності від обмежень на наявні ресурси. На основі цієї інформації програмується автоматна модель. Для цього на кожному кроці розв'язується система композиційних рівнянь виду [3]:

$$\begin{cases} \mu(X_i)/U_i = \mu(X_{i-1})/U_{i-1} \circ \delta(X_{i-1}, X_i)/U_i \\ \mu(U_i) = \mu(X_{i-1}) \circ \mu(X_{i-1}, X_i)/U_i \end{cases}, \quad (4)$$

де "o" - знак операції "композиція"; $\mu(X_i)/U_i, \mu(X_{i-1})/U_{i-1}$ - нечіткі оцінки можливості керованого процесу перебувати в станах X_i, X_{i-1} при

застосуванні способів освоєння навчального матеріалу U_i и U_{i-1} , відповідно; $\mu(U_1)$ - нечітка оцінка вибору учням способу освоєння матеріалу U_1 . Отримані оцінки групуються попарно, виходячи з такої умови:

$$\mu(U_i) \leq \mu(X_i)/U_i, \quad (5)$$

Формування пар за таким принципом узгоджується з реальним вибором рішення: результату тесту з максимальною оцінкою можливості має відповідати спосіб засвоєння навчального матеріалу також з максимальною оцінкою застосування його суб'єктом навчання. Виділення пар дає змогу виявити найімовірніші зв'язки за способами засвоєння матеріалу між результатами тестування кожного етапу навчання. При цьому кожен спосіб засвоєння, що маркує зв'язок, характеризується нечіткою оцінкою використання його суб'єктом навчання, і нечіткою оцінкою ціни навчання (нормований дохід), суб'єктивно усвідомлюваної суб'єктом навчання, залежно, наприклад, від часу або складності освоєння навчального матеріалу.

Побудова автомата здійснюється таким чином [4]. З вихідного стану в стани першого кроку ухвалення рішень проводять дуги, марковані тими способами опанування навчального матеріалу, використання яких, відповідно до прогнозу, дає змогу домогтися результатів проміжного тестування на першому етапі навчання, що характеризуються найбільшою оцінкою. Залежно від означення цих дуг і на основі сформованих пар "спосіб освоєння матеріалу" - "результати тестування" проводяться означені дуги від першого до n-го етапу навчання.

У результаті побудов отримуємо нечіткий недетермінований автомат, що моделює поведінку суб'єкта навчання, за різних результатів проміжного тестування. Застосовуючи підхід, що використовується в динамічному програмуванні, можна виділити класи стратегій суб'єкта навчання. Насамперед нас буде цікавити той клас, стратегії якого дають змогу досягти мети навчання і характеризуються максимальними оцінками зв'язків між результатами тестів. Для виокремлення таких стратегій на множині фінальних результатів тестування визначають результати, що відповідають меті навчання [5]. Далі виокремлюються результати тестування на (n-1)-му кроці, перехід з яких у цільові стани n-го кроку характеризується способами освоєння навчального матеріалу з оцінкою, що дорівнює

$$\alpha(U_{n-1}) = \left(\max(\min(\mu U_{n-1}), \sigma_{X_{n-1}, U_{n-1}}) \right), \quad (6)$$

Подібна процедура здійснюється для кожного кроку рішення, аж до стану S_0 . Використання процедури дає змогу виокремити можливі стратегії навчання, що являють собою зважені шляхи на графі від вершини S_0 до вершин із множини X_n . Кожен q-й шлях являє собою зважену щодо способів освоєння навчального матеріалу послідовність виду:

$$S_q = (s_0, U_0, X_1^{r_1}, U_1, \dots, X_{n-1}^{r_{n-1}}, U_{n-1}, X_n^{r_n}), \quad (7)$$

де r_w , ($w \in \{1, 2, \dots, n\}$) - число результатів w -го тесту. Елементи (результати підсумкового тестування) множини X_n можуть становити для суб'єкта навчання, різну цінність, що відображається завданням на X_n нечіткої мети з функцією належності:

$$\mu(g) = \{\mu(X_n^1, \dots, X_n^h)\}, \quad (8)$$

де h - розмірність множини X_n ; $\mu(X_n^h)$, ($h \in \{1, 2, \dots, h\}$) - функція належності результату тестування нечіткій меті g . У цьому випадку кожен стратегію з класу π можна оцінити таким чином:

$$\beta(S_q^\pi) = \min(\alpha(U_0), \alpha(U_1), \dots, \alpha(U_{n-1}), \mu(X_n^\pi)), \quad (9)$$

Очевидно, що стратегія, яка має оцінку:

$$\max_q (\beta(S_q^\pi)), \quad (10)$$

найбільше відповідає індивідуальному стилю набуття знань тим, кого навчають, але не завжди може відповідати максимальній функції приналежності результату тестування щодо мети g .

Висновки

1. Використання інструментальної системи підтримки інтеграції навчально-методичних матеріалів дасть змогу не тільки істотно скоротити час створення курсів комп'ютерного (дистанційного) навчання, а й надалі дасть змогу оперативно оновлювати матеріали курсів.

2. Впровадження таких систем дасть змогу забезпечити швидший перехід на єдині формати передавання інформації, що є ключовим фактором для інтеграції навчальних ресурсів у глобальну мережу, що, своєю чергою, сприятиме розширенню сфери застосування цієї інструментальної системи.

Посилання

1. Omran, P. G., Wang, Z. & Wang, K. Learning Rules With Attributes and Relations in Knowledge Graphs. In AAAI Spring Symposium: MAKE, 2022, vol. 3121. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3121/paper10.pdf>.
2. Shubin, I. Snisar, S., Litvin, S. (2021), "Formalization and Application of Algebraic Methods in Automated Intelligent Systems", IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, P. 67–70. DOI: <http://doi.org/10.1109/PICST54195.2021.9772174>
3. Karataiev, O., Sitnikov, D., Sharonova, N. (2023), "A Method for Investigating Links between Discrete Data Features in Knowledge Bases in the Form of Predicate Equations", 7th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS-2023), CEUR Workshop Proceedings, 2023, P. 224–235. available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3387/paper17.pdf>

4. Karataiev, O., Sitnikov, D (2023), "The method of reuse of knowledge in the form of logical equations", Innovative technologies and scientific solutions for industries, No. 3(25), P. 15–26. DOI: <http://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.25.015>
5. Sharonova, N., Kyrychenko, I., Tereshchenko, G., (2021), "Application of big data methods in E-learning systems", 2021 5th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS-2021), CEUR Workshop Proceedings, Vol-2870, P. 1302–1311. DOI: <https://ceur-ws.org/Vol-2870/paper96.pdf>

ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ КУРСУ «ІСТОРІЯ ТА КУЛЬТУРА УКРАЇНИ» У ВНЗ

Доц., канд. іст. наук О.А. Кузнецов (керівник), здобувач в.о. О.М. Даниленко
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми. Історія відіграє важливу роль у житті людини, допомагаючи зрозуміти минуле, аналізувати його вплив на сучасність та формувати особистий розвиток. Вивчення історії сприяє інтерпретації минулих подій, передачі знань про минуле, розуміння власної історії та місця у світі. Культура та історія взаємопов'язані, вони формують особистість, допомагають приймати раціональні рішення та створювати майбутнє. На думку українського історика В. Бліхара «знання найдавніших досягнень світової й вітчизняної історії та культури допоможуть у формуванні їх гуманістичного світогляду та сприятимуть розумінню сучасного демократичного і правового життя, а також готовності до інтелектуальної праці у формуванні незалежної держави». [1, с.7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Теоретичні та методологічні основи вивчення комплексу гуманітарних наук постійно знаходилися і продовжують знаходитись в центрі наукового інтересу більшості дослідників, зокрема проблем вітчизняної історії та культури. Ґрунтовні дослідження проблеми займають провідне місце в навчальній літературі. Серед авторів слід відзначити фундаментальні розробки таких українських істориків, як Л. Корміча, В. Багацького [2], В. Бугрія [3], Л. Зашкільняка [4], В. Греченка [5], В. Косолапова [6], В. Горобця [7], О. Крушельницької [8], Е. Доманської [9].

Основні аспекти теоретичних та методологічних основ вивчення курсу були предметом наукового дослідження колективу авторів. В статті «Соціальні функції історичної науки у візіях М. Грушевського та В. Липинського: спроба історіографічного порівняння». О. Петrenchко, В. Тельвака, С. Журавльова аналізують ставлення М. Грушевського та В. Липинського до неоромантичних проявів в українській історіографії на

прикладі полеміки довкола «Історії України-Русі» М. Аркаса. Встановлено, що саме в цій дискусії, в якій брали участь провідні дослідники вітчизняної галузі гуманітарної дисципліни, уперше відобразились відмінності у розумінні соціальних функцій історичної науки в середовищі українських інтелектуалів початку ХХ століття. Науковці дісталися висновку, що теоретико-методологічна позиція М. Грушевського була більш продуктивною для української наукової соціально-гуманітарної спрямованості історичних поглядів у першій чверті ХХ століття [10].

Завершуючи короткий історіографічний огляд проблеми, слід звернутися ще до однієї роботи, а саме «Методологія історії: класика і практика». В ній системно викладаються теоретичні засади історії як науки, розкривається зміст її категорій, принципів і методів. Ведеться розмова про засадничі компетентності професійних істориків, секрети їх майстерності. На чисельних прикладах з практики сучасного історіописання аналізується структура історичного дослідження, логіка еволюції наукових парадигм, напрямів, підходів, стилів, дослідницьких технологій. Автор розмірковує над природою, парадоксами, можливостями своєї професії, прагне сформулювати в молодих істориків потяг до творчості, оригінальності, самостійного пошуку [11].

Метою статті є розгляд деяких основних віх на шляху зародження та становлення теорії і методології в якості науки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Коли йдеться про суспільне значення знань про минуле, то мають на увазі передусім історичну науку і її здобутки. Як зазначалося вище, вплив історичного досвіду на суспільне життя є значним і це надає йому соціальну значимість. Соціальний статус і престиж історичної науки залежить від корисності тих знань, які вона дає суспільству.

Якщо зосередити свою увагу на визначені категорії що таке «історія», то вражає різноманітність цих визначень, багато векторність тлумачень. На нашу думку, історія – це наука, яка вивчає далеке минуле людства, покладаючись при цьому на обмежену кількість письмових та матеріальних свідчень минулих подій. Наука, що склалася на українському підґрунті досліджує процес розвитку українського народу, а також історію його предків, інших племен і народів на нашій території, які під час історичних змагань асимілювали із слов'янським етносом, або розсіялися серед чисельних мешканців Степової України.

Історія не має таких очевидних доказів свого прикладного застосування, які мають всі природні науки. Це є однією з причин забобонів, які ставлять під сумнів соціальне значення історичного пізнання. Проте у тій чи іншій формі історичні уявлення зберігалися завжди. Це пов'язано з тим, що історія виконує низку важливих суспільно значимих функцій.

Аналіз функцій, які виконує історія почнемо з функції соціальної пам'яті, яка полягає у тому, що ставлення до минулого зумовлюють орієнтацію людини у світі, її соціально-значущу поведінку та соціальну активність. Виконуючи функцію соціальної пам'яті, історія забезпечує збереження культурної, духовної спадщини суспільства, передає соціально значиму

інформацію від покоління до покоління. Орієнтація людини у суспільстві передбачає осмислення особливостей нашого суспільства та його перспектив.

Розуміння сучасного соціуму неминуче пов'язане з виробленням уявлень про більш ранні його стани, оскільки будь-яка епоха породжена попереднім етапом історичного розвитку. Подолати цей зв'язок, тобто розпочати розвиток із якоїсь «нульової позначки», «з чистого листа» неможливо.

Виконуючи функцію соціальної пам'яті, історія формує індивідуальну та масову історичну свідомість, тобто ті чи інші уявлення про зв'язок часів – зв'язок подій минулого, сьогодення та майбутнього. Ознакою сформованої історичної свідомості є уявлення історії як про процес, тобто про вплив історичного минулого на сучасний стан суспільства. У тих випадках, коли цей зв'язок руйнується, історія «розсипається» на незв'язані епізоди, стає хаотичною, фрагментарною, логічнопорушеною і, зрештою, втрачає здатність виконувати функцію орієнтації людини в сучасному світі.

Важливою функцією виступає науково-пізнавальна функція. Науково-пізнавальна функція історичної науки полягає у виявленні закономірностей історичного процесу. Вона забезпечує можливість відкриття невідомих сторінок минулого, знайомства з конкретними фактами та подіями. В Україні, як і в інших розвинених країнах світу, сформувалася система наукових установ, які мають виконувати функцію пізнання історичного минулого (історичні факультети вузів, науково-дослідні інститути, музеї та ін.).

Виховна функція історії полягає в тому, що знайомство з історичним минулим здатне формувати певні моральні, етичні, громадянські цінності та настанови. Українська історія дає численні приклади стійкості, мужності та героїзму наших співвітчизників. У ній можна знайти як приклади державної мудрості та високого гуманізму, так і трагічні сторінки братовбивчих воєн та масових репресій. При цьому слід враховувати, що наявність «темних» плям, періодів історії не є винятковою особливістю України, а в багатьох випадках негативних тенденцій внутрішньополітичного розвитку, які тісно переплітаються з історією міжнародних криз та великих військових конфліктів. Прикладом цього можна вважати, наприклад, світову економічну кризу початку 30-х років XX ст., голодомор в Україні, а також світові війни першої половини XX століття.

Знайомство з непростим історичним минулим, осмислення витоків трагічних подій української та світової історії допомагає виробити конструктивні соціальні цінності та настанови і тим самим запобігти подібним катаклізмам, трагічним подіям у майбутньому.

Досить актуальною є і прогностична функція історичної свідомості. Вона зводиться до того, що знання про минуле необхідні для складання та упорядкування прогнозів розвитку суспільства, обґрунтування перспектив розвитку тих чи інших сучасних процесів. Світова історія знає безліч прикладів прогнозів, які дивували чіткістю, логікою та послідовністю прогнозу. Це можна віднести до відомого прогнозу Ф. Енгельса, який засвідчив, що він мав величезний потенціал наукового передбачення. У 1887

р. в роботі «Вступ до брошури Боркхейму «На пам'ять ура-патріотам» Енгельс писав: «Для Пруссії-Німеччини неможлива тепер вже ніяка інша війна, крім всесвітньої війни. Від 8 до 10000000 солдатів будуть душити один одного... Все закінчується загальним банкрутством, крах старих держав... — крах такий, що корони дюжинами валяються на вулицях, і не знаходиться нікого, щоб піднімати ці корони». Ті, хто знають сьогодні про Першу світову війну, можуть тільки дивуватися, наскільки точно це пророцтво збулося через тридцять років!» [12].

Історична свідомість є виразником, цілісністю трьох категорій часу - минулого, сьогодення та майбутнього, з вирішальною роллю минулого. Історична свідомість має вибірковий характер. Прогностична функція історичної свідомості може бути пов'язана не лише з майбутнім, а й з минулим, і хоча багато істориків, філософів, економістів розглядали прогностичну функцію історичної свідомості у своїх дослідженнях, але вони не зосереджувалися на цьому питанні докладно.

Наприклад, до цієї проблеми звертався всесвітньо відомий історик О. Тарле. На його думку, прогноз не затвердження майбутніх «пригод», що мають точну дату, а затвердження майбутніх «станів» суспільства. Ідея Тарле про прогноз має схожі риси з ідеями Карла Раймунда Поппера. Поппер наголошував, що людина не може жити без пошуку закономірностей та спроб довести їх. Для Поппера майбутнє – людський проект.

Звернемося до питання методології історії. Методологічні міркування мають тим більше значення стосовно наук, логічні особливості яких ще не з'ясовані, а до них треба, безумовно, зарахувати і історію. Методологія історії також обговорює підстави історичного знання та сприяє виробленню обґрунтованої системи історичних понять; вона встановлює їх шляхом розгляду та формулювання основних принципів історичного знання та методичного їх розкриття, можливо більш послідовно проведеного крізь усю історичну науку. Спеціальні дослідження не можуть дати такої системи: вони лише підготовляють матеріал для неї.

Знання історичної методології дає можливість історичному систематично перевіряти чужі висновки щодо історичних фактів і, якщо він визнає їх у методологічному розумінні правильними, спиратися на них, а в іншому випадку, зрозуміло, відкидати їх.

В історичній практиці існує декілька визначень методології. Таке, наприклад, як, методологія історії - це розділ історичної науки про методи пізнання. Вона є прикладною дисципліною. Метод – це засіб історичного дослідження. Насправді методологія як частина історичної науки виділяється з першої половини XIX століття в Німеччині. Багато теоретиків ставлять знак рівності між теорією та методологією історії. Такий підхід перегукується з поняттям філософії історії, яке ввів Вольтер. Або, методологією називається сукупність основних підходів та методів дослідження. Протягом багатовікового процесу розвитку історичного пізнання існували різні підходи осмислення подій минулого.

Методологічні підходи до вивчення історії різноманітні. Наприклад теологічний підхід, при якому історичний процес розглядається як результат прояву божественної волі.

Основоположниками цього підходу вважаються Аврелій Августин (Блаженний) та Хома Аквінський. Теологічне сприйняття історичних подій характерне, зокрема, для середньовічних літописів.

Для провіденціалізму (від лат. *providentia* - провидіння) характерне тлумачення історії як вияву волі зовнішніх по відношенню до історичного процесу сил, провидіння, Бога. Провіденціалізм характерний для всіх теїстичних релігій — іудаїзму, християнства, ісламу, розуміють історію як здійснення попередньо встановленого божественного плану «порятунку» людини. Розроблений Августином провіденціалістський шлях до «царства Божого» ліг в основу всієї середньовічної християнської історіографії.

Провіденціалізм передбачає завершення історії, наявність кінця історії. У Середні віки Царство небесне вводилося в історію як її межу, як реалізація абсолютного блаженства, досягнення ідеального стану, що вимагає як умову попереднього знищення всього сущого і його відтворення на нових підставах.

У епоху Просвітництва став досить поширеним і набув загального розвитку раціоналістичний підхід, за яким розум є єдиним джерелом пізнання. Методологія гуманістичної історіографії трактує історичні події як наслідок діяльності людей. У багатьох історичних роботах можна зустріти суб'єктивний підхід до осмислення історії, відповідно до якого історичні події розглядаються як результат вияву волі видатних особистостей.

У сучасній світовій науковій та навчальній літературі поширені такі методологічні концепції, як теорія суспільно-економічних формацій, теорія модернізації, цивілізаційний підхід. Теорія суспільно-економічних формацій була розроблена в середині XIX ст. німецькими філософами К. Марксом та Ф. Енгельсом. Вони вважали, що джерелом історичного поступу суспільства є матеріальне виробництво. Відповідно до К. Маркса і Ф. Енгельса, у процесі виробництва необхідних людям життєвих засобів складаються матеріальні суспільні відносини, які визначають решту сфер суспільної діяльності (політичну, духовну та ін.)

Таким чином, марксистська теорія розглядає економічну сферу життя суспільства як базову, що детермінує (визначальну) розвиток суспільства загалом. Це дозволяє кваліфікувати марксизм як концепцію економічного детермінізму.

Отже, завершуючи розгляд проблеми теоретичних та методологічних основ вивчення вітчизняної історії та культури можна зробити висновок, що історія прагне пізнати суть людини і межу її можливостей. Наведемо вислів історика Р. Колінгвуда, який стверджував, що: «...Історія призначена «для» самопізнання людства. Існує загальна думка, що людині важливо пізнати саму себе, і це означає пізнати не лише свої особливості, те, чим відрізняєшся від інших людей, а й свою природу як людини. Пізнати себе — це, по-перше, пізнати, що таке бути людиною; по-друге, пізнати, як це бути людиною ось

такого типу, як ти, і, по-третє, пізнати, що значить бути людиною, якою є тільки ти й ніхто більше, крім тебе. Пізнати себе – це довідатися, на що ти здатен, а оскільки ніхто не знає своїх спроможностей, поки не спробує щось зробити, то єдиний спосіб про це довідатися – поглянути, що людина вже зробила. Отже, цінність історії полягає в тому, що вона показує нам, що людина зробила, а отже, й вчить нас, що таке людина» [13, с.64]. Не можна не погодитися з подібним твердженням.

Без знання історії народи були б змушені щоразу заново створювати культурний фундамент свого існування. Якщо надмірне перевантаження традицією уповільнює історичний рух народів, то забуття минулого призводить

Посилання

1. Історія та культура України: навчально-методичний посібник (у схемах і таблицях) / за наук. ред. проф. В. С. Бліхара. Львів: ПП «Арал», 2018. 480 с.
2. Історія України: Підручник /Корміч Л.І.; Багацький В.В. Київ: Алерта, 2006. 412 с.
3. Бугрій В. Історія та культура України: навч. посібник. – Суми: С. П. Цьома, 2017. 316 с.
4. Зашкільняк Л. Історична пам'ять і соціальні функції історії у сучасному світі // Україна-Європа-Світ. Міжнародний збірник наукових праць. Серія: Історія, міжнародні відносини = Ukraine - Europe - World : міжнар. зб. наук. пр. / Терноп. нац. пед. ун-т ім. В. Гнатюка. – Тернопіль, 2009. - Випуск 2.
5. Греченко В. Історія та культура України: підручник. – Харків: ХНУВС, 2017. 319 с.
6. Косолапов В. Соціальні функції історичної науки в розвинутому соціалістичному суспільстві. // Український історичний журнал. - 1976. - № 4. С. 53–64.
7. Горобець В. Нова соціальна історія [Електронний ресурс] // Енциклопедія історії України: Т. 7: Мі-О / Редкол.: В. А. Смолій (голова) та ін. НАН України. Інститут історії України. - К.: В-во "Наукова думка", 2010. 728 с.
8. Крушельницька О.В. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посіб. Київ: Кондор, 2006. 206 с.
9. Доманська Е. Історія та сучасна гуманітаристика: дослідження з теорії знання про минуле. Київ: Ніка-Центр, 2012. 264 с.
10. Петrenchко О., Тельвак В., Журавльов С. Соціальні функції історичної науки у візіях М. Грушевського та В. Липинського: спроба історіографічного порівняння //Вісник Черкаського університету. Серія: Історичні науки № 2 (2022).
11. Лях С. Р. Методологія історії: класика і практика : навчальний посібник. – Запоріжжя : Видавничий дім «Гельветика», 2021. 130 с.
12. Маркс К. і Енгельс Ф. Вступ до брошури Боркхейму «На пам'ять ура-патріотам Соч. Т. 21. С. 361.
13. Колінгвуд Р. Ідея історії. Київ, 1996. С.64.

АКТИВІЗАЦІЯ ЛІДЕРСЬКОГО ПОТЕНЦІАЛУ З ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ БАКАЛАВРІВ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ У ПРОЦЕСІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ

Аспірантка Х.Ш. Курбанова

НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна

Україна не тільки підтримує глобальні цілі сталого розвитку до 2030 року, проголошені резолюцією Генеральної Асамблеї Організації Об'єднаних Націй, а й забезпечує їх дотримання з урахуванням специфіки розвитку країни, про що було наголошено у Національній доповіді «Цілі сталого розвитку: Україна». Ціллю 4 є забезпечення всеохоплюючої і справедливої якісної освіти та заохочення можливості навчання впродовж усього життя для всіх [4].

Висококваліфіковані фахівці завжди були затребуваними на українському ринку праці, особливо такі, що володіють лідерськими якостями та здатні брати на себе відповідальність в умовах невизначеності. Отже, важливість становлення, розвиток лідерського потенціалу у закладі вищої освіти майбутніх лідерів-професіоналів, майбутніх хіміків-технологів зокрема, його активізація у процесі їх фахової підготовки є одним з головних завдань вищої школи.

Для нашого дослідження з'ясуємо сутність таких понять, як «потенціал людини», «лідерський потенціал».

У психолого-педагогічній літературі звертаємо увагу на визначення потенціалу людини колективом авторів на чолі з О. Романовським: «Потенціал людини являє собою універсальну характеристику системної організації особистості, що містить в собі психологічне здоров'я, зрілість і успішність діяльності суб'єкта» [3, с. 78].

Важливою ознакою лідерства більшість науковців вважає лідерський потенціал, що є соціально-психологічною властивістю особистості, яка відображує здатність індивіда до успішного здійснення лідерства, як сукупності внутрішніх потреб, засобів, ціннісного ставлення [2, с. 400].

Формування лідерських якостей у майбутніх бакалаврів хіміко-технологічних спеціальностей у процесі фахової підготовки – складне і багатоаспектне завдання, що потребує наполегливої роботи всіх учасників освітнього процесу [1, с. 37], ресурсами «виступають наявні знання, уміння, навички, засоби, властивості, якості особистості, якими вони володіють» [1, с. 37].

Для активізації лідерського потенціалу майбутніх бакалаврів хіміко-технологічних спеціальностей у процесі фахової підготовки необхідним є пошук і вибір ефективних педагогічних технологій. «Це тривалий процес розвитку особистості з початку формування її професійних намірів до повної реалізації себе у професійній діяльності» [3, с. 82]. Використання традиційних технологій навчання унеможливорює цей процес, інтерактивна модель

навчання, навпаки, спрямована на активну взаємодію всіх учасників навчального процесу, сприяє формуванню «умінь та навичок аналізувати, самостійно та критично осмислювати ситуацію, обирати оптимальне рішення у нестандартних або критичних виробничих ситуаціях» [6, с. 20], що у подальшому допоможе майбутнім бакалаврам хіміко-технологічних спеціальностей адаптуватися до умов виробництва й активізувати лідерський потенціал.

Важливою умовою формування та розвитку лідерського потенціалу є створення ситуацій, у яких особистість може вчитися здійснювати поведінку лідера: сюжетно-рольові та ділові ігри, тренінги, кейс-методи та інші інтерактивні технології навчання [3, с. 82]. Адже саме у рольовій грі інтенсифікація навчання досягається не просто за рахунок виконання дій, а суттєво залежить від чуттєво-пізнавального включення індивіда у її процес [5, с. 183].

Важлива роль в активізації лідерського потенціалу належить проведенню тренінгів, спрямованим на активізації творчого потенціалу лідерів, наприклад: «Мій шлях до підвищення професійної майстерності», «Професійна компетентність – ціль мого саморозвитку і самовдосконалення протягом життя», «Який він, лідер-професіонал?», «Роль лідера у згуртованості команди» та ін. Участь у тренінгах сприятиме формуванню у майбутніх лідерів-професіоналів стратегічного мислення, комунікативної компетентності.

Проведення ділових ігор, упровадження кейс-методів у підготовці майбутніх бакалаврів-лідерів сприятиме їх здатності стратегічно мислити, вести переговори з іншими людьми, забезпечувати сприятливі взаємини з ними, приймати рішення в умовах невизначеності, бути стресостійкими, конкурентоспроможними на ринку праці.

Все це сприятиме не тільки активізації лідерського потенціалу майбутніх бакалаврів хіміко-технологічних спеціальностей у навчальній діяльності, а й формуванню у них лідерському досвіду, потрібному у майбутньому професійному житті.

Посилання

1. Курбанова Х. Ш., Грень Л. М. Формування лідерських якостей у майбутніх бакалаврів хіміко-технологічних спеціальностей у процесі фахової підготовки. *Україна і світ: гуманітарно-технічна еліта та соціальний прогрес*: Матеріали міжнар.наук.-теор. конференції студ. та аспір. 14–15 квітня 2021 р. Харків. 2021. С. 35-37.
2. Матукова Г. І. Лідерський потенціал майбутнього викладача: складова його індивідуального стилю. *Молодий вчений*. № 10 (86). 2020. С. 399-403.
3. Романовський О. Г. Педагогіка лідерства: монографія / О. Г. Романовський, В. Є. Михайличенко, Л. М. Грень. Харків : НТУ «ХП», 2023. 432 с.
4. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/722/2019>

5. Чубінська Н. Б. Лідерство як детермінанта реформування суб'єкт-суб'єктної взаємодії в освіті. Освітнє лідерство: від теорії до практики : монографія / авт. кол. ; за наук. ред. В. Р. Міляєвої ; Київський університет імені Бориса Грінченка [Електронне видання]. Київ ; Кривий Ріг : Вид. Р. А. Козлов, 2021. 296 с. С. 173-184. URL: <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/36659>
6. Шевчук С. Методика реалізації інтерактивного навчання у закладах професійної освіти. *Післядипломна освіта в Україні*. № 2. 2017. С. 17-20.

**МИКОЛА ЛУКАШ: ДРАГОМАН, ЩО НАДИХАЄ
(до 105-річчя від дня народження)**

Професор¹, канд. техн. наук, доцент М.А. Мироненко

¹Кафедра управління та адміністрування

Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)

ННІ Дніпровський металургійний інститут (ДМетІ)

м. Дніпро, Україна

Вступ. Важко переоцінити роль гуманітарної освіти у розвитку ключових компетенцій конкурентоспроможного фахівця, який навчається у вищому технічному навчальному закладі. Вивчення дисциплін «Українська мова за професійним спрямуванням», «Історія України», «Філософія» та ін. є важливим чинником загальної ерудиції випускника університету. В царині гуманітарних, як і в точних науках значення особистості вченого, знавця важко переоцінити. Саме особистості перш за все є тими суб'єктами інтелектуального процесу, що визначають на роки напрями досліджень і розвитку наукових шкіл.

Мета статті. У філології окрему галузь утворюють письменники-перекладачі. Саме вони знайомлять широкий національний загал читачів із здобутками світового наукового чи письменницького світу. Про одну з таких особистостей, поета і перекладача Миколу Лукаша і піде далі мова.

Виклад основного матеріалу. Переклади із більш ніж двадцяти мов світу, яким збагатив Микола Лукаш українську літературу – неабиякий скарб, вартий допитливого погляду зацікавленого читача.

У 1990 році в київському видавництві «Дніпро» вийшла друком у серії «Майстри поетичного перекладу» збірка літературної спадщини дивовижного чарівника слова Миколи Лукаша під промовистою назвою «Від Боккаччо до Аполлінера». [1] На понад п'ятистах сторінках цієї грубої книги було надруковано понад тисячу поезій у перекладі з одинадцяти мов світу від англійської, німецької та французької до галісійської та японської. Автором-упорядником такого багатогранного доробку Миколи Лукаша став

літературознавець Михайло Никонович Москаленко (1948 - 2006). Він же написав передмову, в якій коротко охарактеризував життєвий та літературний шлях поета-перекладача. [1]

Микола Олексійович Лукаш народився 19 грудня 1919 року в м. Кролевці на Сумщині. У 1930-х роках він навчався на історичному факультеті Київського університету та процес набуття освіти перервала Друга світова війна. Згодом він закінчив у повоєнний час філологічний факультет Харківського педагогічного інституту, після чого вчителював, викладаючи іноземні мови. У 1955 році стався у житті Миколи Лукаша доленосний випадок. «До Москви приїхав канцлер Аденауер, ото ж видавництво й вирішило якось реагувати.» [2] Саме так описував сам Лукаш події, які передували виходові у світ його перекладові «Фауста» Й.-В. Гете, над яким працював у повоєнне десятиліття.

Двадцятиліття літературної творчості (1953 – 1973 рр.) було найбільш продуктивним у житті Миколи Лукаша-перекладача. Та доба «застою», боротьба з «інакодумцями» залишила нащадкам ідеалістичне обличчя Лукаша-громадянина. Виступивши проти тоталітарної радянської системи він позбавив себе майже всіх засобів до існування, але залишив по собі спомин, як про людину, в якій є життєві принципи. [2] Можна лише собі уявити ті побутові негаразди, які переслідували майстра поетичного перекладу до його відходу в інші світи 29 серпня 1988 року. [1, 2]

Після такого короткого біографічного екскурсу зосередимось на власне книзі «Від Боккаччо до Аполлінера». [1] Не випадковою є назва цієї статті, адже Лукаш-драгоман не лише майстерно працює зі словом, а й надихає читача до залучення у процес літературної творчості.

Для прикладу візьмемо японську поезію. Микола Лукаш філігранно працює зі словом, передає усі тонкощі майстрів Країни Сонця, що сходить. Ознайомтесь лише із двома віршами із антологій «Кодзікі» (поч. VIII ст.) та «Манйосю» (VIII ст.):

* * *

*В полі Тойодá
молодая лобода...
Було б милувáть,
як була ти молода!
Та минулися года...*

994

*Вітер-чарівник...
Он у небі вирізаєсь
тонко молодик.
Мені душу порива -
Чи не милої брова?*

Перший вірш є зразком вдалої імплементації японської поезії на суто національний український ґрунт, так і відчувається мотив народної жартівливої пісні. Другий вірш цілком передає японський національний поетичний канон, адже танка являє собою чергування складів у вірші за формулою 5-7-5-7-7 у кожному з п'яти рядків.

Знайомство автора цієї статті зі здобутками творчої праці Лукаша, як перекладача японської поезії відбулося ще у 1990-х роках. Саме Лукаш із

його поетичним доробком спонукав до перших спроб пошуку коротких поетичних форм. Ось що з цього вийшло:

Наслідуючи Басьо

*В центральному міському парку
ворона п'є з калюжі воду
у дощовий січневий ранок.*

10.01.2001 р.

Осіннє хокку

*Пурпурове листя клену
падає
осіннім дощем.*

19.10.2021 р.



Рис. 1. Кулі темарі (Анна Мироненко, кольорові олівці, 19.04.2023 р.)

Зимове хокку

*Кулі темарі
я намотую вправно.
Зима за вікном.*

10.04.2023 р.

Перші два вірша передають головну ідею: споглядання природи, лейтмотив усієї японської поезії. Третій з віршів вибудовано до класичного японського канону у 5-7-5 складів відповідно.

Висновки. Знайомство із творчою спадщиною Миколи Лукаша – дороговказ для майбутніх поколінь креативної української молоді.

Цю коротку статтю автор присвячує 105-й річниці від дня народження феноменального майстра поетичного слова Миколи Олексійовича Лукаша.

Посилання

1. Лукаш М.О. Від Боккаччо до Аполлінера / Переклади / Ред. упоряд. авт. передм. М.Н. Москаленко. К.: Дніпро, 1990. – 510 с.
2. Черняков Б.І. Микола Лукаш. Біобібліографічний покажчик (1953 - 2005) / Борис Іванович Черняков. К.: Видавництво «Часопис “Критика”», 2007. – 576 с.

PEOPLE AND RANKS. NOMENKLATURA AS INEVITABILITY. ABOUT MIKHAIL VOSELENSKY'S CONCEPTION

Docent, Cand. of Hist. Sc. S. Savchenko, 5th year student A. Tudovshi

Ukrainian State University of Science and Technology

ESI Dnipro Metallurgical Institute

Dnipro, Ukraine

Mikhail Voslensky (1920 – 1997), formerly a translator at the Nuremberg trials, an employee of the Allied Control Council in defeated Germany, head of the Press and Information Department in the Secretariat of the World Peace Council. In the future - Professor, Head of the Department of the Lumumba University, Scientific Secretary of the Commission on Scientific Problems of Disarmament under the Presidium of the USSR Academy of Sciences, member of the Academic Council of the Academy of Social Sciences under the CPSU Central Committee. For 15 years, M.S. Voslensky worked at the largest political science institution – the Institute of World Economy and International Relations - and at the Institute of General History of the USSR Academy of Sciences, maintaining regular contact with the apparatus of the CPSU Central Committee. In 1972, he was sent to West Germany for lecturing and research work. Since M. S. Voslensky lectured and wrote in the German press as a free man, in January 1977 the Presidium of the USSR Supreme Soviet deprived him of his Soviet citizenship. He was invited to the Max Planck Research Institute for Society. Then M.S. Voslensky headed the Institute for the Study of Soviet Modernity (Munich) [3, C. 28-29].

The book «Nomenklatura» (1980 – first edition in German in Germany) presents a sober, unshackled approach to the nomenclature of Soviet society as if «from within» [2]. The fact that the author himself was part of the nomenklatura would seem to lend credibility to Voslensky's observations on the rebirth of revolutionaries into the new ruling class. He reflected on his nomenclature and decided that he did not want to go down in history as part of the withering and doomed ruling class.

The author explores the structure and functioning of the ruling elite of the Soviet Union, describing the nomenklatura as the class that controls the political and economic life of the country. The nomenklatura is a list of key positions for which candidates are approved by party committees. It is not just a list of positions, but a collection of people who occupy them, making the nomenklatura an important part of Soviet power. Voslensky views the nomenklatura as a new class that uses its privileges to maintain power and control over society. He analyzes how this class was formed and what interests it protects. Throughout the work, it is revealed that the nomenklatura not only rules, but also forms an ideology, passing off its interests as the interests of the people.

Here is how the author himself defines the core of his concept in one of the interviews: «I show in the book that the nomenklatura is a large group of people (numbering about 3 million people, i.e. 1.5% of the total population of the country), occupying a leading position in the system of social production in the USSR and being the collective owner of the totality of the means of production under real socialism. The state, according to the Marxist definition, is only the apparatus of the ruling class and only manages the means of production belonging to this class. This group differs from the others in its role in the social organization of labor: it is it that organizes labor in society; in the way it obtains and in the size – disproportionately large – of the share of social wealth it possesses. I show that the nomenklatura is not just a ruling class, but an exploiting class. It is it that appropriates the surplus value created by the workers of the USSR and directs it to its own selfish class aims, which have nothing to do with the interests of the overwhelming majority of the population. Such is the case in the field of economy. In the field of domestic politics, the nomenklatura seeks to preserve its regime by all police and propaganda methods. In the field of foreign policy, the nomenklatura organically strives for expansion, for it is the extension of its power that corresponds to the class nature of the nomenklatura» [3, С. 29-31].

For the post-Soviet reader, some of the conclusions may seem strange: after all, for so many years we have been indoctrinated about the construction of a classless society, or rather, a society with only peasants, workers, and intellectuals recruited from among them, that this ideological stamp seemed obvious. What was not noticed was that the ruling party and its “ranks” were taken out of the brackets of this dogma, whereas in fact they were the very class of exploiters, no matter how it called itself.

Voslensky comes to think of the historical and cultural universality of the nomenklatura. He believed that socialism is not a formation, but a method. It is connected not with the existence of any particular formation, but with the existence of the state. Related to this is the seemingly mysterious phenomenon of the emergence of bureaucratic despotisms with a ruling class in various countries in quite different epochs. That is, it is the very nature of the state that gives rise to the ruling class of bureaucratic despotism with its privileges and exploitation of the population.

But here the Author makes other assumptions, not quite consistent with the first one. It turns out that totalitarianism, which gave rise to nomenklatura rule, is itself a generation of the feudal formation, which in such new forms is trying to prolong its existence. Besides, he sincerely believes that democracy is in no way characterized by the nomenclature he himself described. At least in the FRG, where Voslensky lived in recent years, he did not find nomenclature, he saw only pure democracy and freedom. The interesting question is: could he have thought otherwise in the situation he found himself in? What would he have done if he had discovered that the nomenklatura was omnipresent and that it did not exist only on a desert island?

The sharp anti-Soviet stance weakened Voslensky's inherent analytical acumen. He did not realize that democracy is not an exception to the rule he himself formulated (about the universality of the phenomenon of the nomenklatura). He did not notice what Zbigniew Brzezinski and then Noam Chomsky, Samuel Huntington, David Held and others saw in the same 70s of the twentieth century: the ability of democracy to degenerate, to turn into something directly opposite, elitization, ideological dogmatization, narrowing of the spectrum of freely expressed opinions, information censorship, and so on.

Conclusions.

We believe that reading and analyzing the book on bureaucratic totalitarianism by Mikhail Voslensky by students who study socio-political disciplines will significantly increase the theoretical and conceptual diversity of analytical approaches to the problems of national history of the twentieth century, in particular, the history of political thought and public administration. It will also contribute to the development of critical thinking [3]. This work will provide a better understanding of the reasons for the collapse of the Soviet totalitarian system, the study of which is relevant in the context of contemporary challenges to democracy.

References

1. Ploky, Serhii. *The Last Empire: The Final Days of the Soviet Union*, New York, 2014. 520 p.
2. Voslensky, Michael. «Nomenklatura: The Soviet Ruling Class». Garden City, NY: Doubleday, 1984. 356 p.
3. The dominant and doomed class. Interview with M. Voslensky. *Posev*. Frankfurt am Main. 1984, 11, 28-33.

HUMANITARIAN COMPONENT OF PHYSICAL CULTURE: DEVELOPMENT OF SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL COMPETENCIES THROUGH SPORT

*Student Y.A. Solodenko, Prof. Oleksii Horpynych
Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine*

Physical training and recreation are essential additives of the academic process, contributing now no longer best to the bodily fitness of college students however additionally gambling an important function withinside the improvement of social and mental skills. In the current academic surroundings, in which educational fulfillment is frequently prioritized, the fee of bodily pastime in cultivating important lifestyles abilities consisting of teamwork, management, emotional intelligence, and resilience is undeniable. Recent research spotlights the importance of recreation in improving person and organization dynamics, with proof displaying that participation in recreation sports enables foster crew cohesion, management abilities, and emotional well-being [1].

One of the most remarkable frameworks withinside the improvement of social and mental skills through recreation is the Sport Education Model (SEM). This model, in comparison to standard coaching methods, locations a robust emphasis on energetic scholar involvement, crew-primarily based totally sports, and the improvement of real-lifestyles abilities. Research has proven that SEM is rather powerful in improving crew cohesion, selling now no longer simply bodily education, however additionally interpersonal collaboration. This technique encourages college students to expect roles inside teams—consisting of that of a coach, captain, or crew member—fostering a deeper feel of duty and engagement [3]. By collaborating in a collaborative studying surroundings, college students now no longer best enhance their bodily skills however additionally research important social abilities, consisting of communication, empathy, and battle resolution, that are important for fulfillment in each educational and expert spheres.

Sport gives completely unique surroundings for the improvement of management abilities, mainly withinside the context of crew sports activities. In addition to enhancing bodily health, involvement in crew sports enables college students to domesticate management characteristics which are critical in expert lifestyles. One of the huge roles that decorate management is that of the crew captain. According to Grandzol et al. (2010), the captaincy function is one of the richest possibilities for management improvement inside recreation, because it entails decision-making, strategic planning, motivating crew members, and dealing with interpersonal dynamics [2]. Captains' ought to now no longer best lead with the aid of using instance however additionally assist keep crew morale, clear up conflicts, and manual the crew thru demanding situations, which gives sensible management education this is relevant to many expert environments.

The capacity to control various personalities inside a crew, make choices below strain, and keep crew cohesion withinside the face of adversity is simply several of the management skills that emerge from recreation. This revel in contributes substantially to non-public improvement, mainly withinside the context of fostering emotional intelligence. As college students have interaction in those stories, they broaden a higher know-how in their very own feelings and people of others, a key aspect of emotional intelligence. Such abilities are crucial now no longer best in recreation however additionally in non-public and expert relationships, making them beneficial to college students' holistic improvement.

While the intrinsic blessings of recreation participation are clear, the faculty surroundings—which includes the provision of sports activities infrastructure and extracurricular possibilities—additionally performs a pivotal function in fostering bodily pastime amongst college students. Research with the aid of using Rezende et al. (2015) demonstrates that faculties with sturdy body training applications and a huge variety of extracurricular sports activities alternatives show off better tiers of scholar participation in bodily sports [4]. This, in turn, ends in stronger bodily health, more mental well-being, and the improvement of important social skills.

Moreover, the mixing of bodily training into the wider faculty curriculum allows create a balanced method to scholar development. By combining educational mastering with bodily activity, colleges offer college students with a extra complete training that addresses each highbrow and emotional growth. Physical education now no longer simplest serves to interrupt the monotony of conventional study room mastering however additionally lets in college students to refresh their minds and enhance concentration, which could result in higher educational performance. Studies have proven that scholars who take part in normal bodily sports showcase better cognitive characteristics and stepped forward interest spans, making them extra powerful rookies withinside the study room.

The social factor of recreation can't be overlooked, because it performs a significant function in growing interpersonal competencies and constructing friendships. When college students take part in crew sports activities or leisure sports, they interact with friends in non-educational settings, which could assist lessen social isolation and growth emotions of inclusion. The crew surroundings foster an experience of belonging, wherein people experience linked to a bigger organization running in the direction of a not unusual place goal. This experience of networking and mutual appreciate is crucial in shaping college students into empathetic and socially accountable people. Such competencies are precious in all regions of existence, especially in constructing relationships inside various and multicultural environments.

Another vital factor of sports activities participation is its effect on constructing resilience in college students. In the context of competition, college students regularly stumble upon failure or setbacks, whether it is dropping a sport or going through a hard opponent. These moments offer crucial mastering reports

that train college students in the way to address disappointment, manipulate frustration, and persevere via adversity. The resilience constructed via recreation is immediately relevant to real-existence challenges, which includes educational pressures, private struggles, and destiny place of job challenges. By mastering the way to manage those emotional hurdles in supportive surroundings, college students are more prepared to stand limitations in different regions in their lives.

The presence of sports activities centers consisting of gyms, sports activities fields, and health facilities lets in college students to have interaction extra absolutely in bodily pastime, which now no longer best improves bodily fitness however additionally creates possibilities for social interplay and crew-constructing. These centers, whilst paired with extracurricular sports activities applications, inspire college students to be extra energetic and foster a feel of network. It isn't always simply the act of gambling sports activities that blessings college students, however the surroundings that help such pastime, growing an ecosystem of inclusion and cooperation.

Moreover, participation in extracurricular sports activities frequently gives a completely unique possibility for college kids to discover unique roles inside a crew—whether as players, coaches, or maybe referees—that could substantially contribute to non-public growth. These stories offer college students with sensible programs of management and social abilities in supportive and dependent surroundings, improving their standard academic level in.

Leadership in sports activities isn't always constrained to formal positions consisting of captains. The level of assuming duty in any crew-orientated recreation gives college students possibilities to broaden critical lifestyles abilities. These consist of the capacity to delegate tasks, talk effectively, and keep organization morale, all of which contribute to non-public and expert fulfillment. Grandzol et al. (2010) emphasize that at the same time as management roles in sports activities foster the improvement of task-associated abilities, additionally they decorate emotional law and resilience [2]. Through the demanding situations inherent in crew sports activities, college students discover ways to control stress, deal with setbacks, and stay centered on lengthy-time period goals, that are essential abilities for fulfillment in any field.

Moreover, the level of being a part of a crew—no matter whether one holds a management position—teaches the fee of collaboration and mutual respect. Team sports activities require people to paint collectively in the direction of a not unusual place goal, coaching college students a way to talk, coordinate, and compromise. These stories are important in constructing interpersonal abilities, mainly in conditions in which there are variations in opinion or personality, and that they assist college students broaden a feel of duty to others.

In addition to selling bodily fitness, recreation has been proven to have a profound effect on emotional well-being. Participation in bodily pastime has lengthy been related to discounts in stress, anxiety, and depression, at the same time as concurrently improving temper and standard lifestyles satisfaction. This is specifically crucial withinside the context of college students, who frequently

face educational strain and social stressors. The emotional blessings of bodily pastime stem from the discharge of endorphins, which assist to alter temper and decrease emotions of tension.

Moreover, recreation fosters a feeling of belonging and network, that could have a profound impact on emotional resilience. As college students take part in crew sports, they shape social connections that offer emotional support, specifically in instances of private or educational demanding situations. The feel of network created through shared stories in recreation enables college students navigate the demanding situations of college lifestyles, contributing to their standard mental well-being.

In conclusion, physical education and sport are integral to the development of social, psychological, and emotional competencies in students. Through frameworks like the Sport Education Model (SEM), leadership roles such as team captains, and the supportive school environment, students acquire essential skills such as teamwork, leadership, emotional intelligence, and resilience. These competencies not only contribute to academic success but also prepare students for the challenges they will face in their professional lives. By emphasizing the importance of physical education and sport, educational institutions can provide students with the tools they need to succeed both in and outside the classroom. Therefore, it is crucial to continue investing in and prioritizing physical education, recognizing its significant role in fostering well-rounded, capable individuals who are prepared to lead in an increasingly complex and interconnected world.

References

1. Cronin, L. D., & Allen, J. Examining the relationships among the coaching climate, life skills development and well-being in sport. URL: https://www.researchgate.net/publication/326368461_Examining_the_relationships_among_the_coaching_climate_life_skills_development_and_well-being_in_sport
2. Grandzol, C., Perlis, S., & Draina, L. Leadership Development of Team Captains in Collegiate Varsity Athletics. URL: <https://jvllone.com/sportsdocs/TeamCaptainsLeadershipDIII2010.pdf>
3. Kao, C.C. Development of Team Cohesion and Sustained Collaboration Skills with the Sport Education Model. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/8/2348>
4. Rezende, L. F. M. D., Peres, M. F. T., Silva, K. S., Claro, R. M., Levy, R. B., França-Junior, I., Luiz, O. D. C., & Machado, C. The Role of School Environment in Physical Activity among Brazilian Adolescents. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0131342>

ЕМПІРИЧНЕ НАВЧАННЯ ЯК ОСНОВА ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ХІМІЇ

Здобувачка третього (освітньо-наукового) рівня в. о.

Д.О. Стрижак

*Полтавський національний педагогічний університет
імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна*

Сучасний світ швидко розвивається та змінюється, тому система освіти має використовувати нові підходи до підготовки педагогічних фахівців, які будуть спроможні забезпечувати високу якість освітнього процесу й одночасно відповідати потребам сучасного суспільства. Освітні інновації у професійній підготовці майбутніх учителів, а саме перехід до компетентної моделі навчання, зміщують акцент з теорії до більш практико-орієнтованого навчання, що забезпечує розвиток умінь та навичок, необхідних для вирішення професійних ситуацій у майбутніх діяльності. Для запровадження практико-орієнтованого підходу у професійну підготовку майбутніх учителів хімії дедалі більшої актуальності набуває застосування емпіричного навчання за Девідом Колбом.

Спираючись на аналіз наукових джерел, формулюємо власне визначення практико-орієнтованого підходу [1,3]. Практико-орієнтований підхід – стратегія організації освітнього процесу, що ґрунтується на інтеграції теоретичної та практичної підготовки майбутніх учителів хімії, що спрямована на формування їх професійних компетентностей через залучення до реальних або змодельованих ситуацій, які максимально наближені до професійної діяльності. За такого підходу мотивація до вивчення теоретичного матеріалу відбувається за рахунок потреби вирішення практичних завдань. Тому доцільно розглядати емпіричне навчання за Девідом Колбом через призму впровадження практико-орієнтованого підходу в освітню діяльність та освітнє середовище.

Емпіричне навчання базується на принципі «навчання через досвід», що дозволяє забезпечити інтеграцію теоретичних знань із практичною діяльністю. Цикл освітньої діяльності за Колбом складається з чотирьох ключових етапів: [2]

- Конкретний досвід (Concrete experience) дає змогу майбутнім учителям хімії набути практичного досвіду, наприклад, аналізуючи реальні ситуації з організації освітнього процесу з хімії в закладах загальної середньої освіти, що передбачає безпосереднє занурення в практичну діяльність.
- Рефлексивне спостереження (Reflective observation) є етапом на якому майбутні вчителі аналізують власні дії, оцінюють результати освітньої діяльності, проведення експериментальних досліджень зі школярами, чи навчально-виховних заходів, осмислюють свої помилки й досягнення.
- Абстрактне концептуалізування (Abstract conceptualization) – етап на якому майбутні учителі узагальнюють отриманий досвід, формують нові

ідеї або вдосконалюють власні знання, базуючись на теоретичних основах методики викладання хімії, психології та педагогіки.

- Активне експериментування (Active experimentation) передбачає, що учасники освітнього процесу використовують вже набуті знання та ідеї в нових контекстах, наприклад, розробляючи інноваційні методики навчання хімії.

У контексті професійної підготовки майбутніх учителів хімії емпіричне навчання сприяє формуванню ключових компетенцій, які передбачені Професійним стандартом «Вчитель закладу загальної середньої освіти», а саме: мовно-комунікативної, предметно-методичної, інформаційно-цифрової, психологічної, емоційно-етичної, компетентності педагогічного партнерства, інклюзивної, здоров'язбережувальної, прогностичної, організаційної, оцінювально-аналітичної, здатності до навчання впродовж життя. [5]

Наявність розвинених у здобувачів освіти цих компетентностей сприяє ефективній організації освітнього процесу з хімії у сучасній школі. Крім того, модель Девіда Колба розвиває у майбутніх педагогів критичне мислення, здатність до рефлексії та постійного вдосконалення професійних умінь та навичок. [4]

Модель емпіричного навчання за умов реалізації практико-орієнтованого підходу у професійній підготовці майбутніх учителів хімії можна адаптувати до різних форм організації освітнього процесу. До прикладу, майбутні учителі хімії можуть виконувати практико-орієнтовані завдання у межах вивчення освітніх компонентів, що імітують реальні педагогічні задачі та ситуації: розробка інтерактивного уроку з використанням елементів дослідження, складання навчальних кейсів, побудова алгоритму проведення навчальної демонстрації, розробка STEM-проєкту, конструювання дослідницької діяльності школярів, створення тестових завдань різних рівнів, створення навчального контенту або відеоуроку тощо.

Важливим аспектом професійної підготовки майбутніх учителів є практична підготовка в закладах загальної середньої освіти, яка може бути організована таким чином, щоб відповідати циклу Колба. Здобувачі освіти проводять уроки (конкретний досвід), обговорюють їх з наставниками (досвідчені вчителі-практики) (рефлексивне спостереження), застосовують теоретичні знання (абстрактне концептуалізування) і випробовують нові підходи (активне експериментування). Слід зазначити, що практична підготовка в закладах загальної середньої освіти не обмежується тільки навчальними та виробничими педагогічними практиками. Нами було впроваджено систематичне виконання майбутніми учителями хімії практико-орієнтованих завдань на базі закладів загальної середньої освіти під керівництвом наставників (досвідчених вчителів-практиків).

Реалізація практико-орієнтованого підходу в професійній підготовці майбутніх учителів хімії на основі емпіричного навчання дозволяє

здобувачам освіти не лише здобувати теоретичні знання, але й розвивати практичні навички та критичне мислення, що є ключовими аспектами для успішної майбутньої професійної діяльності. Таким чином освітній процес стає динамічним, а підготовка педагогічних фахівців – більш якісною і наближеною до реальних викликів професії.

Посилання

1. Житнік Н. В. Практико-орієнтована підготовка фахівців в умовах регіонального вищого навчального закладу. Професійна освіта: проблеми і перспективи. 2015. Вип. 9. С. 29-35.
2. Колб Д. Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. URL: https://www.researchgate.net/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development (дата звернення 21.12.2024).
3. Майковська В. І. Практико-орієнтоване навчання як засіб професіоналізації підготовки майбутніх фахівців в Україні. – 2016.
4. Маркович І. О. Практико-орієнтований підхід у вищій педагогічній освіті України Вісник Київського національного лінгвістичного університету. Серія: Педагогіка та психологія. Київ, 2020. С. 33-40.
5. Професійний стандарт «Вчитель закладу загальної середньої освіти». URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/uploads/public/66e/806/fcb/66e806fcb90e2017837434.pdf> (дата звернення 21.12.2024).

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК НОВА РЕАЛЬНІСТЬ І ПОШТОВХ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ОСВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Доц., канд. техн. наук, зав. каф.¹ Ю.О. Ступак,
проф.², канд. техн. наук, декан ф-ту³ Т.С. Хохлова*

¹Кафедра Теорії, технології та автоматизації металургійних процесів

²Кафедра матеріалознавства та термічної обробки металів ³Нікопольський факультет

Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)

ННІ Дніпровський металургійний інститут (ДМетІ)

м. Дніпро, Україна

До недавнього часу в хронології науково-технічного прогресу людства налічувалося чотири промислові революції. Характерні ознаки останньої з них (Індустрія 4.0) присутні в багатьох розвинутих країнах світу і вона продовжує набирати обертів, разюче змінюючи наше життя. Своєю чергою, ці зміни створюють передумови для 5-ї промислової революції, початком якої

вважають впровадження моделей штучного інтелекту (ШІ) до ключових сфер людської діяльності [1, 2]. Появу ШІ, як потужного інструменту розвитку науки та технологій, порівнюють з появою півтора століття тому електричних генераторів, електричних двигунів, освітлення та ін., що стало початком другої промислової революції [1, 3] і вважати саме так є усі підстави.

У 2023 році, через декілька місяців після надання вільного доступу до однієї з найпоширеніших версій штучного інтелекту (ШІ) – чат-бота ChatGPT, на одному зі швейцарських освітніх сайтів з'явився невеличкий огляд з провокативною назвою «ChatGPT: розумний, дурний чи відверто небезпечний?» [4]. В ньому наголошувалося на потенційних ризиках та небезпеках для людства, через які провідні технічні експерти та відомі особистості, серед яких були Стів Возняк та Ілон Маск, пропонували бізнесу та урядам заморозити розвиток ШІ до врегулювання на законодавчому рівні окремих питань, що стосувалися безпеки даних користувачів та іншого. Автором названого огляду справедливо зазначалося, що для відповіді на питання «Чи справді чат-бот такий небезпечний?» слід для початку зрозуміти, чим є ця машина – і навіть більше, чим вона не є.

Застосуванню ШІ в освіті (AIED¹) присвячено чимало наукових робіт, кількість яких в останні декілька років зростала в геометричній прогресії (рис. 1).

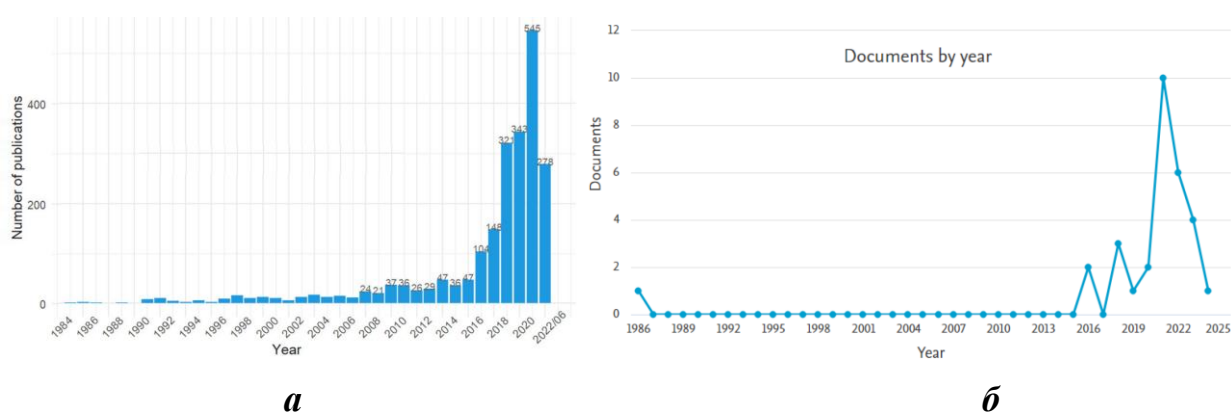


Рис. 1. Щорічна /1984-2022 рр./ кількість наукових публікацій, індексованих у Web of Science (а) [5] та Scopus /1983-2024 рр./ (б) [6], що присвячені AIED

Існуючі дослідження AIED охоплюють широкий спектр застосувань ШІ, включаючи адаптивне навчання та персоналізоване репетиторство, інтелектуальне оцінювання та управління, профілювання та прогнозування, а також нові продукти. Теми досліджень стосуються як технічного дизайну освітніх систем, так і вивчення прийняття, впливу та проблем, пов'язаних із AIED. Як зазначають автори вже процитованого дослідження [5], інформаційні

¹ - Artificial intelligence (AI) in education (AIED) - скорочення, що застосовуються в сучасних англійських публікаціях

технології, зокрема ІІІ, революціонізують сучасну освіту. Алгоритми штучного інтелекту та освітні роботи стають невід'ємною частиною систем управління навчанням і власне процесу навчання, забезпечуючи підтримку широкого спектру викладацької та навчальної діяльності.

Ahmet Gocen та Fatih Aydemir оприлюднили результати феноменологічного дослідження, в якому було проаналізовано ставлення до AIED фахівців з чотирьох цільових груп. Одним з важливих показників, що був узагальнений названими дослідниками, можна вважати розподіл відповідей (табл. 1) на питання приблизно такого змісту: - AIED на ваш погляд є позитивним чи негативним?

Таблиця 1. Розподіл відповідей щодо переваг та недоліків використання ІІІ [7]

Цільова група, яку опитували	Ставлення до AIED (розподіл відповідей, %)	
	Позитивне	Негативне
Академіки (науковці в галузі педагогічних наук)	56	44
Вчителі державних шкіл	62	38
Юридичні експерти (адвокати та судді, що працюють в судах)	72	28
Експерти-інженери (технічні експерти зі штучного інтелекту з приватних або державних організацій)	95	5
УЗАГАЛЬНЕНО:	69	31

Наведені результати опитувань (табл. 1) свідчать, що скептицизм щодо використання ІІІ в освіті є найбільшим серед науковців та практикуючих вчителів – майже половина з них вважають, що AIED несе в собі потенційні ризики та загрози. Серед можливих ризиків були вказані [5]:

- механічне мислення індивідів, що пригнічує інтуїтивне знання;
- «розмивання» гуманістичних цінностей;
- формування «інформаційної залежності»;
- зменшення впливу людини на освітній процес та деякі інші.

Найбільш прийнятним слід вважати підхід, що був сформульований у висловлюванні одного з інженерів-експертів (табл. 1), згідно з яким ІІІ не повинний бути в центрі освітньої діяльності, виконуючи лише допоміжну роль для освітян. Але неупереджений погляд на ситуацію з ІІІ, що склалася, спонукає до висновку на кшталт «Десь ми таке вже бачили (чули)...». Автор схиляється до думки, яку вже було висловлено на іншій конференції [8] про те, використання ІІІ викладачами та студентами є лише черговою «сходінкою» в еволюції засобів навчання (згадаймо логарифмічну лінійку, калькулятор, ноутбук, смартфон, програми для перевірки орфографії, програми-перекладачі тощо) і ChatGPT, Gemini та подібні є по суті лише більш просунутими інструментами, що відповідають поточному рівню прогресу людства.

Власний досвід авторів з використання ІІІ в освітній діяльності, а також певні результати, накопичені у 2023-2024 рр., дозволяють висловити швидше позитивне ставлення до AIED як до інструменту, що має великий і

поки що недостатньо вивчений освітянами навчальний потенціал. На наш погляд цей потенціал є суттєвим і вельми цінним доповненням до будь-якого курсу (освітньої компоненти), що дозволяє зробити самостійну роботу студентів більш насиченою та цікавою, з вельми високим к.к.д. Але із певними застереженнями, на яких слід акцентувати увагу.

Так, вже сьогодні потребують модернізації окремі види самостійної роботи студентів, зокрема ті, де застосовується написання рефератів, есе та подібних робіт. Причина є банальною - для тих, хто використовує навіть безкоштовні системи ШІ зараз не є проблемою за лічені години підготувати вельми якісні тексти, які майже неможливо відрізнити від тих, що підготовлені людиною, чому є безліч свідчень та яскравих прикладів. Ба більше. Досвід авторів свідчить, що такі тексти **можуть бути кращими** за роботи студентів, які поки ШІ не використовують... В даному контексті вельми негативним явищем слід вважати ігнорування роботи з пошуку потрібної інформації в літературі та мережі Інтернет як такої, що вимагає витрат часу (інколи доволі суттєвих) та додаткових зусиль. Економія часу та цілковита правдоподібність текстів, які здатні генерувати системи ШІ, є не тільки спокусою, але й серйозною перешкодою для формування у здобувачів освіти окремих загальних компетентностей, передбачених освітньо-професійною програмою. Наприклад, наступних [9]:

Загальні компетентності

...

K09. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

K12. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

...

Фахові компетентності спеціальності

...

K18. Критичне осмислення наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для професійної діяльності в сфері металургії.

...

K21. Здатність демонструвати творчий та інноваційний потенціал в синтезі рішень і в розробці проектів в металургії.

... та ін.

Схоже, що саме це є складовою негативного ставлення помітної частини освітян (див. вище табл. 1 та коментар до неї) до AIED.

З огляду на зазначене, слід також переглянути підходи до педагогічних вимірів (контролю засвоєння навчального матеріалу) за допомогою завдань у тестовій формі. На нашу думку, в навчальному процесі, що здійснюється у форматі он-лайн (дистанційному), застосування завдань у тестовій формі, підготовлених з використанням Гугл-форм або подібних інструментів також є малоефективним, оскільки належний контроль за тими, хто проходить тестування, неможливий. В даному випадку йдеться про використання студентами (учнями) ШІ для отримання відповідей на питання. Незалежно від

виду тестового завдання [10], отримати за допомогою смартфона або ПК вірну відповідь від ШІ не потребує великих зусиль.

У чаті з Gemini було поставлене наступне питання: - Чи можеш ти порекомендувати типи завдань, які вимагають особистої участі та критичного мислення? Рекомендації, що були надані ШІ (з деякими стилістичними коригуваннями від авторів), виявилися цілком слушними (далі).

...Щоб студенти не просто використовували ШІ як інструмент для копіювання відповідей, а розвивали свої власні навички мислення та аналізу, можна запропонувати такі види завдань:

- *завдання, які вимагають синтезу інформації з різних джерел.* Після її збору слід попросити сформулювати власну точку зору на проблему;

- *завдання, які стимулюють креативне мислення.* Тут студентам слід запропонувати створити власний проект (наприклад, макет веб-сайту, коротке оповідання тощо). ШІ може допомогти в зборі інформації, але саме студент повинен проявити творчість та оригінальність;

- *завдання, які вимагають вирішення проблем.* Тут студенти повинні запропонувати можливі рішення та обґрунтувати свою точку зору;

- *завдання, які передбачають співпрацю в групах;*

- *завдання, які передбачають застосування знань на практиці* (після екскурсії /можливо віртуальної/ або перегляду відео слід попросити студентів зв'язати отриману інформацію з теоретичним матеріалом, що надавався на лекціях);

- *завдання, які передбачають захист своєї позиції.* Тут студенти повинні не тільки висловити свою думку, але й аргументувати її, а також спростувати аргументи опонентів.

Запропоновані види завдань цілком відповідають концепції діяльнісного підходу, а також засадам т.з. проблемного навчання, які широко описані у педагогічній літературі та чисельних публікаціях відповідного спрямування. На нашу думку саме такі завдання повинні застосовуватися вже зараз, а діяльнісний підхід разом із проблемним навчанням повинні бути домінуючими як фактор якості освітніх послуг. Їхнім основним «недоліком» є певне (в окремих випадках – доволі суттєве!) збільшення витрат часу викладачами на перевірку та на визначення особистого внеску (ролі) їх автора(ів). Хоча в перспективі цю роботу можна частково або повністю делегувати тому ж ШІ... Чому б ні?

Враховуючи нові можливості, що надає використання ШІ, важливим завданням освітян на даному етапі є пояснення студентам необхідності критичного ставлення до інформації, що може бути отримана, оскільки в окремих випадках ChatGPT, Gemini та подібні можуть створювати викривлену або відверто «фантастичну» (що не відповідає дійсності) картину... Бажано надавати не тільки і не стільки пояснення, але конкретні приклади, що демонструють випадки «слабкості» або некомпетентності ШІ з тих чи інших питань. Такі приклади використовуються авторами, але їх розгляд виходить за межі завдань даної доповіді.

References

1. Zorica Golić. Finance and artificial intelligence: The fifth industrial revolution and its impact on the financial sector. Proceedings of the Faculty of Economics in East Sarajevo, Year 2019, Issue 19, pp. 67-81. URL: <https://zrefis.ekofis.ues.rs.ba/images/zrefis2019-19/67-81%20Golic.pdf> (дата звернення 30.11.2024).
2. Esben Ostergaard. Welcome to Industry 5.0: The «Human Touch» Revolution Is Now under Way. URL: <https://ru.scribd.com/document/496840342/Welcome-to-Industry-5-0-Esben>. (дата звернення 30.11.2024).
3. Andrew Ng. Artificial Intelligence is the New Electricity. Stanford Graduate School of Business. January, 25, 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=21EiKfQYZXc> (дата звернення 30.11.2024).
4. ChatGPT: intelligent, stupid or downright dangerous? // Портал новин зі Швейцарії. Hayka: Swissinfo.ch. URL: <https://www.swissinfo.ch/eng/business/chatgpt--intelligent--stupid-or-downright-dangerous-/48430010> (дата звернення 25.05.2023).
5. Shan Wang, Fang Wang, Zhen Zhu et al. Artificial intelligence in education: A systematic literature review // Expert Systems with Applications. Volume 252, Part A, 15 October 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>
6. Boussouf Z, Amrani H, Zerhouni Khal M, Daidai F. Artificial Intelligence in Education: A Systematic Literature Review. Data and Metadata. 2024; 3:288. DOI: <https://doi.org/10.56294/dm2024288>.
7. Ahmet Gocen, Fatih Aydemir. Artificial Intelligence in Education and Schools // Research on Education and Media. Vol. 12, N. 1, 2020. DOI: [10.2478/rem-2020-0003](https://doi.org/10.2478/rem-2020-0003)
8. Stupak Yu. Use of artificial intelligence as an element of student's cognitive activity activation during the lecture (from the experience of online teaching of the Basics of scientific research and Heat engineering disciplines) / В матеріалах XVII Міжнар. конф. "Стратегія якості в промисловості і освіті" (05 - 08 червня, 2023, Варна, Болгарія). –Дніпро: Журфонд, 2023. – С. 228-234.
9. Освітньо-професійна програма «Металургія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 136 Металургія: Веб-сторінка Нікопольського факультету УДУНТ. –Дніпро, 2021. URL: https://nmetau.edu.ua/file/00-op_2021_nf-vb-1-2-nakaz38-s_titulami.pdf (дата звернення 06.12.2024).
10. Педагогічні тести. Питання розробки та застосування. Посібник для викладачів / В.С.Аванесов, Т.С.Хохлова, Ю.О.Ступак та ін. -Дніськ:Пороги, 2005. - 64 с.

ЩОДО ВАЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НАОЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОНЛАЙН-ОСВІТИ З ІНЖЕНЕРНИХ ДИСЦИПЛІН

*Студент М. Христич, ст. викл. М.В. Антонова, ст. викл. Є.В. Васильєва
Національний університет «Запорізька політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Вступ. Роль інтернет-ресурсів в освітніх програмах зараз набуває більшого значення. Попередні роки, пандемія та початок повномасштабного вторгнення, внесли значні корективи в роботу вищих навчальних закладів. Так як ми працюємо в галузі «Електрична інженерія» тому відповідно орієнтовані на людей, створюватимуть системи керування технологічними процесами, перед нами постає питання підвищення якості знань при використанні он-лайн освіти.

Матеріал дослідження. Перед викладачами постає серйозне питання: «Як продемонструвати наочний матеріал для вивчення лабораторних робіт?». Як приклад можна привести роботи з дослідження системи захисту від короткого замикання, від перенавантаження. Коли ми знаходимось в учбовому закладі тоді ми можемо використовувати плакати, презентації, підручники, інтернет-джерела або ж відео рядки з мережі youtube. На жаль на сьогоднішній є обмежена кількість саме україномовних відеоробіт, які пов'язані з дослідженням або ж з якісною подачею досліджень електричних апаратів, електричних систем керування, чи побудови та експлуатації електричних двигунів. Тому постає питання: «Що необхідно зробити для того щоб студенти мали доступ до якісного україномовного контенту в рамках он-лайн роботи?».

Так звісно більшість ВУЗів в нашій країні перейшли на очний формат навчання, але є значна кількість вузів які все ж таки працюють дистанційно. Це перший нюанс, другий нюанс - це часті тривоги при яких студенти вимушені переміщуватися заради безпеки в сховища і знову виникає відрив від навчального процесу. На жаль, в сховищах студент не має можливості проводити лабораторні роботи, досліджувати ті чи інші явища, які допомогли б вивчити предмет з галузі знань «Електричної інженерія». В попередні роки пандемії було напрацьовано такий досвід як відеофіксація лабораторних робіт з певних дисциплін, що проводяться зі студентами. І відповідно, під час вивчення дисципліни студентам надавався доступу до відео-матеріалів. Такі роботи дають можливість оцінити роботу того чи іншого апарату, системи керування чи двигуна. Студент отримує вільний доступ до роботи й має можливість аналізувати дослідження в асинхронному режимі не залежачи від навколишніх обставин.

В реаліях сьогодні перед нами постає питання збільшення наочної інформації, що може використовуватися студентами для вивчення матеріалу або ж для розширення свого кругозору.

На сьогоднішній день в країні нараховується більше 60 ВУЗів, в яких представлена галузь «Електрична інженерія». Навіть працюючи в тандемі з суміжними кафедрами або з іншими кафедрами, як в межах ВУЗу чи в межах країни, можна створювати якісний відеоматеріали на суміжні теми. Як приклад можна привести систему «Розумний дім», що вивчають студенти енергоємних виробництв. Відзняючи таку роботу, ми можемо використовувати її одночасно для груп, що вивчають електричні апарати та для студентів енергоємних виробництв. Спеціальності, що на пряму теж залежать від роботи електричного струму, також можуть стати супутниками таких досліджень. Переглядаючи один й той же відео-матеріал, можна отримати знання про різні об'єкти чи системи. Так студент групи електричні та електронні апарати може аналізувати роботу вимикача, реле напруги та струму, датчиків освітлення руху та переміщення, роботи системи релейного захисту. Такі тандемні відео-матеріали можуть дозволити розширити кругозір студентів, дати можливість наочного спостереження за роботою вище вказаних систем. Також одним з обмежень, є те, що дуже часто інтернет платформи, що використовують ВУЗи, мають обмеження на розмір завантаження відеороликів на сторінки. Залишається або розривати відео роботи на логічні частини або давати посилання на місце розміщення даної роботи.

Так як, матеріали, що студенти можуть переглянути, проаналізувати та переробити, мають більш завершені та обдумані висновки. Матеріали, що знаходяться під час пошуку найчастіше розміщені непрофесійно, без роз'яснення фізичних особливостей роботи, без порівнянь існуючих систем чи апаратів. Розширення такого відеоряду також можливо при залучені виробників та розробників, навіть якщо воно буде використано лише для обмеженого кола студентів.

Висновки. Підсумовуючи, хочеться сказати, що дуже важко навчити та показати переваги роботи апаратів, систем та структур, без якісної наочної демонстрації. Навіть за наявності таких робіт, завжди є бажання продемонструвати щось з новітніх розробок або з особливостей використання.

Посилання

1. Varchenko-Trotsenko, L. Using video materials in electronic learning courses / L.Varchenko-Trotsenko, A.Tiutiunnyk, T.Terletska, // Open educational e-environment of modern University / Special edition. – September, 2019 – P. 375–382. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s34>
2. Майнаєв Ф. Я. Використання соціальних мереж у on-line навчанні/ innovative solutions in modern science № 2 (2), 2016
3. Щербаков О.В., Щербина Г.А. Соціальна мережа для підтримки навчального процесу у ВНЗ Системи обробки інформації, 2012, випуск 8(106) с.156-162

STATISTICAL METHODS FOR STUDYING THE EFFECTIVENESS OF DISTANCE LEARNING: EXPERIENCE OF UKRAINIAN UNIVERSITIES

Student E.V. Tsvetkova, Prof. Olha Romanova
Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

The contemporary-day situations for the improvement of training in Ukraine outline new demanding situations for academic establishments associated with the COVID-19 pandemic and the advent of distance studying. Additional problems stand up because of martial law, which imposes enormous regulations on conventional processes to organizing the instructional method. To evaluate the effectiveness of distance studying at Ukrainian universities, statistical techniques play a crucial function, permitting to research the consequences of the advent of progressive technology in academic activities [3].

Distance studying has grown to be a crucial a part of the contemporary-day academic method in Ukrainian universities, specifically withinside the context of the COVID-19 pandemic and martial law. These wonderful occasions have challenged Ukraine's academic gadget to quickly adapt to new situations, requiring an included method to studying effectiveness. Statistical techniques have grown to be a key device on this method, permitting now no longer simplest quantitative consequences however additionally a qualitative evaluation of modifications withinside the studying surroundings [4].

One of the maximum famous techniques of accumulating records at the effectiveness of distance studying is online surveys of college students, which permit for a deeper knowledge in their experience, attitudes toward the studying method and identity of the principal troubles. In specific, a take a look at performed through Nenko and her colleagues indicates that such surveys permit to decide the extent of pupil pleasure with academic services, pick out elements that have an effect on their motivation, and check the readiness of instructors and college students to apply virtual technology [5]. The evaluation of the amassed records confirmed that most of the most important demanding situations confronted through individuals withinside the academic method are volatile Internet connection, technical unpreparedness of a few instructors and college students to paintings withinside the on line surroundings, in addition to mental fatigue from long-term concentration, etc.

Universities are an increasing number of imposing academic analytics to look at college students' behavioral styles withinside the virtual studying surroundings in detail. In specific, Glazunova and her co-authors emphasize the talents of Moodle's practical modules, along with Course Comparison and Statistics [7]. This equipment assists you to gather statistics approximately the frequency of path attendance, the length of labor with substances, the quantity of finished assignments, and different crucial aspects. For example, the evaluation indicates that interactive and based publications are of more hobby to college students than publications that incorporate usually textual substances [8]. Statistical techniques, along with evaluation of variation, can set up the connection among pupil pastime at the platform and their

educational overall performance, which permits for the improvement of extra adaptive curricula [9].

Under martial law, whilst the instructional method is stricken by several outside stressors, statistical evaluation is of specific significance. Mamontova and her colleagues factor out of their studies that regression fashions efficiently check the effect of things along with energy outages, instability of Internet connection, common moves of college students and their mental nation on educational overall performance [10]. For example, it's been found that scholars who've got the right of entry to a strong Internet connection and obtain ordinary assistance from instructors exhibit a better degree of variation to distance studying. Cluster evaluation additionally permits us to divide college students into organizations in keeping with their degree of adaptability and prioritize assist for every group [5].

The comparative evaluation performed through Shlenova and her colleagues permits us to hint the evolution of distance studying at some stage in the pandemic and martial law. The look at indicates that in the pandemic, the principal troubles have been technical and methodological training for distance studying, at the same time as at some stage in martial law, the point of interest shifted to supplying mental assist, get right of entry to studying resources, and keeping educational motivation. Interestingly, universities that put into effect combined studying fashions exhibit better efficiency, because the mixture of online and offline codecs permits them to conform to the man or woman wishes of college students and make amends for the shortcomings of every layout separately [7].

The degree of useful resource assist performs an enormous function in enhancing the nice of distance studying. Bondar and her colleagues are aware of their studies that universities with an excessive degree of funding in virtual infrastructure reap higher consequences in making sure the supply of substances and growing pupil engagement. In specific, interactive equipment, along with digital laboratories, simulations, or multimedia content, appreciably boom pupil hobby and educational overall performance [8].

In addition to technical aspects, unique interest is paid to motivational elements that influence college students' academic and studies activities. Mamontova and her co-authors emphasize that during instances of war, the significance of such elements as man or woman method of instructors, flexibility of curricula, and the supply of clean and comprehensible studying goals is growing. The multivariate evaluation performed in that research indicates that scholars who've the possibility for ordinary consultations with instructors and get right of entry to fashionable interactive equipment exhibit a better degree of educational overall performance and hobby in studying [9].

Thus, statistical techniques permit universities now no longer simplest to evaluate the nice of distance studying, however, additionally to pick out elements that contribute to or, conversely, avert its effectiveness. They open new possibilities for enhancing the instructional method, growing adaptive studying fashions and making sure the sustainability of Ukraine's academic gadget withinside the face of regular demanding situations [3].

The use of statistical techniques to look at the effectiveness of distance studying is one of the maximum effective and flexible equipment for studying contemporary-day academic strategies in Ukrainian universities. Statistical research permit now no longer simplest to evaluate the effectiveness of the advent of progressive technology withinside the academic method, however, additionally offer a deep knowledge of the dynamics of instructional alternate in disaster situations, along with the COVID-19 pandemic or martial law [2].

Analysis the usage of descriptive statistics, correlation evaluation, regression fashions, and clustering indicates that the effectiveness of distance studying relies upon on many elements, along with the extent of virtual literacy of instructors and college students, availability of resources, balance of the Internet connection, and the nice of the instructional method. The use of equipment along with Moodle structures permits for a deeper evaluation of college students' behavioral styles withinside the virtual surroundings, figuring out key factors of lack of motivation and engagement, and optimizing education publications to reap most consequences [5].

Evidence suggests that in instances of crisis, the adaptability of the instructional machine relies upon the capacity to fast put in force powerful answers supported via way of means of statistically sound conclusions. For example, multivariate evaluation strategies permit concurrently deliberating the effect of numerous variables (each technical and socio-psychological) at the first-rate of distance gaining knowledge of. Identifying the strengths and weaknesses of the company of the instructional method primarily based totally on statistics makes it feasible to make strategically critical choices aimed toward removing the recognized shortcomings.

It is likewise critical to observe that statistical strategies contribute to the formation of an obvious machine for tracking the effectiveness of instructional activities, that is important withinside the modern context of globalization and digitalization. Regular series and evaluation of statistical statistics affords a goal evaluation of scholar overall performance, the creation of revolutionary technology and trainer training. This is specifically authentic withinside the context of martial regulation, whilst outside elements have a enormous effect on students' instructional overall performance and engagement withinside the instructional method.

In addition, statistical strategies are an effective device for forming an proof base withinside the improvement of country coverage withinside the area of training. Reading the connection between investments in virtual infrastructure and scholar overall performance may be the premise for an inexpensive allocation of economic resources. The facts received via statistical evaluation additionally contributes to enhancing the effectiveness of global cooperation and the combination of the Ukrainian training machine into the worldwide instructional space.

In the future, statistical strategies will continue to be the primary device for making sure the sustainable improvement of Ukraine's better training machine. They now no longer best to pick out current problems, however, additionally to expect their feasible effect at the future, as a result making sure a proactive technique to fixing them. The evaluation of statistics accumulated for the duration of the

pandemic and martial regulation turns into the premise for growing adaptive gaining knowledge of fashions with a view to don't forget the specifics of labor in a volatile environment, at the same time as on the equal time selling revolutionary methods to the company of the instructional method.

Thus, statistical strategies now no longer best assist to evaluate the effectiveness of distance gaining knowledge of, however additionally emerge as a critical decision-making device for enhancing the first-rate of training. Their use contributes to the development of the instructional method, guarantees the ability and flexibility of the instructional machine to fashionable challenges, and ensures the competitiveness of Ukrainian universities withinside the worldwide context. Combined with revolutionary methods to the company of the instructional method, they devise the inspiration for the improvement of a powerful and sustainable better training machine in Ukraine.

References

1. Berezhna S., Prokopenko I. Higher Education Institutions in Ukraine during the Coronavirus, or COVID-19, Outbreak: New Challenges vs New Opportunities. URL: <https://lumenpublishing.com/journals/index.php/rrem/article/view/2771/pdf>
2. Bondar K., Shestopalova O., Hamaniuk V., Tursky V. Ukraine higher education based on data-driven decision making (DDDM). URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3358/paper26.pdf>
3. Glazunova O. G., Mokriiev M. V., Zolotukha R. A., Kuzminska O. H., Varchenko-Trotsenko L. O., Morze N. V., Korolchuk V. I. Effectiveness analysis of e-learning implementation models and resource support in higher education institutions: case studies and insights amidst the COVID-19 pandemic. URL: <https://acnsci.org/journal/index.php/cte/article/view/558/604>
4. Hladchenko M. The organizational identity of Ukrainian universities as claimed through their mission statements. URL: https://www.researchgate.net/publication/308667955_The_organizational_identity_of_Ukrainian_universities_as_claimed_through_their_mission_statements
5. Huda O. Use of the Moodle Platform in Higher Education Institutions During Training Masters: Experience Under Martial Law. URL: <http://www.el-journal.org/index.php/journal/article/view/2/2>
6. Lucenko G., Lutsenko O., Tiulpa T., Sosnenko O., Nazarenko O. Online-Education and training in higher educational institutions of Ukraine: Challenges and benefits. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666374023000067?via%3Dihub>
7. Mamontova T. V., Mishchenko I. V., Miahkokhlib A. A., Mamontova V. D., Donchenko V. I. Motivation Factors for Educational and Research Engagement among Students during Wartime. URL: https://www.researchgate.net/publication/375317310_MOTIVATION_FACTORS_FOR_EDUCATIONAL_AND_RESEARCH_ENGAGEMENT_AMONG_STUDENTS_DURING_WARTIME
8. Nenko Y., Snisarenko Y., Kybalna N. The COVID-19 Distance Learning: Insight from Ukrainian students.

- URL: https://www.researchgate.net/publication/341059277_The_COVID-19_Distance_Learning_Insight_from_Ukrainian_students
9. Polykarpivna Antoniuk V. Perspective Chapter: The War as a Factor of Upheavals and Transformations in Higher Education – Experience of Ukraine. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/85680>
10. Shlenova M., Konoplenko N., Yuryeva K., Korneiko Y., Hlukhovska M. Comparative analysis of the distance learning implementation in Ukrainian system of higher education during the COVID-19 pandemic and martial law. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2023.2207196>

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ З ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТИ

*Здобувач в.о. Т.М. Черниш,
канд. пед. наук, доц. В.М. Кобися (наук. керівник)
Вінницький державний педагогічний університет
ім. Михайла Коцюбинського, м.Вінниця, Україна*

Постановка проблеми: Цифрові технології стали невід'ємною частиною сучасного освітнього процесу, відкриваючи перед нами безмежні можливості. Використання сучасних цифрових технологій дозволяє розглядати навчальний матеріал різноманітними способами, забезпечувати глибше занурення в тему обговорення, порівняно з традиційними формами навчання. Подача навчального матеріалу у вигляді аудіо чи відеоматеріалів, презентацій, значно збагачує навчальний процес, про який повідомляється на уроці. Галузь освіти значно модернізується за рахунок запровадження цифрових технологій в освітній процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Психологопедагогічні та дидактичні дослідження (Н. Морзе, О. Спірін, Е. Машбиц, Е. Полат) свідчать про те, що методики навчання на основі цифрових технологій здатні забезпечити індивідуалізацію навчання, де кожен здобувач освіти має різні темпи засвоєння матеріалу та різні стилі навчання. За допомогою цифрових інструментів можна створювати індивідуальні навчальні траєкторії, адаптовані до потреб кожного здобувача освіти. Цифрові технології надають учням більше можливостей для самостійного дослідження, експериментування та створення власних проєктів. Завдяки різноманітності цифрових ресурсів, кожен учень може знайти матеріали, які відповідають його інтересам та рівню знань.

На необхідності впровадження цифрових технологій в освітню сферу акцентовано увагу в багатьох нормативно-правових документах. Зокрема, в

Законі України «Про освіту» однією з ключових компетентностей визначено інформаційно163 № 1(15) 2023 цифрову. У Концепції Нової української школи зазначено, що використання цифрових технологій в освітньому процесі має носити наскрізний характер [1]. Про необхідність розвитку електронного навчання та формуванні цифрової компетентності учасників навчального процесу зазначається в Положенні про дистанційне навчання [2]. Різні аспекти цифровізації освітнього процесу стали предметом дослідження зарубіжних (К. Бассет, Г. Грибер, К. Гере, Л. Ванович, М. Деузе, Дж. Стоммел, М. Хенд) і вітчизняних (Д. Галкін, В. Биков, М. Жалдак, О. Овчарук, М. Лещенко, В. Ребрина, М. Шишкіна, О. Стрижак, А. Яцишин) науковців.

Мета статті полягає у теоретичному аналізі та перевірці ефективності впровадження цифрових технологій і освітній процес.

Виклад основного матеріалу. Воєнний стан в Україні поставив викладачів Державного професійно-технічного навчального закладу «Вінницьке міжрегіональне вище професійне училище» перед непростими викликами: як організувати якісну дистанційну освіту з використання цифрових технологій здобувачів освіти в умовах воєнного стану, коли викладач не може бути поруч.

У зв'язку з цим у світових освітніх колах став популярним новий термін – *facilitator* (особа, що сприяє, полегшує та допомагає навчанню), що відображає значні зміни у викладацькій діяльності, статусі викладача та основних функцій. Використання нових цифрових технологій в умовах дистанційної освіти може збільшити частку самостійної роботи кожного здобувача освіти в загальному бюджеті часу. Використання комп'ютерів і телекомунікацій, гнучкий розклад навчальних дисциплін, модульна побудова і вивчення навчальних дисциплін та інші дидактичні та організаційні заходи дозволили отримати нову змішану форму навчання, яка відрізняється від традиційної денної форми навчання [4].

Для організації освітнього процесу із застосуванням змішаного навчання викладачі Державного професійно-технічного навчального закладу «Вінницьке міжрегіональне вище професійне училище» згідно «Положення про дистанційне навчання» [5] використовують платформу *Google Workspace*.

Платформа *Google Workspace* – це безкоштовна та відкрита система управління дистанційною освітою, яка дозволяє використовувати широкий спектр інструментів для навчальної взаємодії викладачів, студентів та адміністрації закладів вищої та перед фахової вищої освіти.

Державний професійно-технічний навчальний заклад «Вінницьке міжрегіональне вище професійне училище» є учасником програми *Google Workspace*, має власний домен та розгорнув курси дистанційної освіти на платформі *Google Classroom*.

Як у всіх хмарних середовищах, збереження даних користувача відбувається в Інтернеті з можливістю одержувати доступ до них у будь-який

час і з будь-якого пристрою, з подальшим збереженням на жорсткий диск або роботою з даними у «хмарі».

Google Workspace – це набір хмарних сервісів від Google, з яким будь-який навчальний заклад легко організовує процес дистанційної освіти. Викладачі можуть проводити трансляції та відеоконференції зі здобувачами освіти, зберігати необмежену кількість будь-яких файлів і документів, розміщувати й перевіряти виконані завдання, створювати тести, презентації та навіть писати й малювати на віртуальних дошках.

Формою організації дистанційної освіти з використання цифрових технологій навчання здобувачів освіти у Державному професійно-технічному навчальному закладі «Вінницьке міжрегіональне вище професійне училище» є реалізація навчання в умовах дистанційної освіти за допомогою сервісу *Google Classroom*, який є безкоштовним інструментом онлайн-освіти, що дозволяє організувати навчальний процес зі здобувачами освіти в віртуальному просторі. Зручний сервіс *Google Classroom* спеціально розроблений для викладачів провідною світовою компанією. У цьому сервісі викладачі самостійно можуть: створювати навчальні курси; ділитися освітніми матеріалами; створювати різноманітні завдання; перевіряти рівень засвоєння знань і стежити за ходом успіху кожного здобувача освіти; сервіс має широкий спектр дуже цікавих робочих інструментів - відео, зображень, симуляторів тощо[5].

Із запуском безкоштовного набору інструментів *Google* у 2014 році для роботи з електронними документами, поштою та сховищем, сервіси *Google* постійно оновлюються та додаються нові функції. З початку роботи здобувачам освіти подано понад 1 мільярд завдань (згідно з довідкою сервісу *Google*). Сьогодні сервіс інтегровано в роботу *Khan Academy*, одну з найвідоміших некомерційних освітніх організацій, яка запроваджує можливості дистанційного навчання для всіх людей. Якщо у вас є підключення до Інтернету, ви можете відкрити курс у будь-якому браузері на вашому комп'ютері, а також є підтримка нових версій. Безумовною перевагою є перспективи використання мобільних пристроїв (смартфонів, iPhone, планшетів) на базі *Android* та *iOS*. Розробники надають розширення для *Chrome* і можливість завантажувати програми в магазин *Google Play* і *iTunes*. Оскільки клас інтегровано з *Google Docs*, *Google Drive* та *Gmail*, викладачі можуть призначати завдання, додаткові матеріали-документи, посилання та зображення.

Завдяки легкому доступу до інтерфейсу класу та чіткій і ідеальній довідці *Google Classroom* він є одним із найкращих інструментів для дистанційного навчання.

Подальша робота *Classroom* включає створення стабільної та практичної системи дистанційної співпраці зі здобувачами освіти, удосконаленням структури та матеріалів курсу [3].

Отже, у ДПТНЗ «Вінницьке міжрегіональне вище професійне училище» використовуються сервіси *Google Workspace* для дистанційної освіти з використання цифрових технологій навчання здобувачів освіти.

Аналізуючи нові та перспективні форми організації освітнього процесу, ми маємо на увазі впровадження та реалізацію тієї чи іншої навчальної програми. Для отримання ефективних результатів викладачі Державного професійно-технічного навчального закладу «Вінницьке міжрегіональне вище професійне училище» підготували серію різноманітних навчальних матеріалів для формування так званих «кейсів». Тому невід'ємною частиною підвищення ефективності навчання здобувачів освіти з використанням цифрових технологій в умовах дистанційної освіти є організація обміну досвідом у середині освітнього закладу або між закладами освіти міста чи країни.

Розглянемо можливості онлайн інструментів та сформулюємо рекомендації щодо їх використання у професійній підготовці майбутніх операторів з обробки інформації та програмного забезпечення у межах *Google Classroom* з предмету «Основи комп'ютерної графіки та верстки» за Освітньою програмою професії Оператор з обробки інформації та програмного забезпечення за СП(ПТ)О 4113.J.62.00-63.10-2022, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від «26» липня 2022 р. № 666 на компетентністному підході.

Одним із сервісів для створення інтерактивних завдань, що можуть бути використані в освітньому процесі є *Kahoot*.

Kahoot - це навчальна платформа, за допомогою якої можна проводити інтерактивні заняття та перевірку знань студентів за допомогою онлайн-тестування.

LearningApps – сайт, що містить онлайн конструктор, що дозволяє створювати інтерактивні навчально-методичні матеріали і цікаві завдання (тести, кросворди, вікторини тощо).

Конструктор інтерактивних завдань *Learning Apps* призначений для підтримки процесу навчання за допомогою інтерактивних модулів (вправ). При цьому створювати інтерактивні модулі за готовими шаблонами може як учитель, так і здобувач освіти.

Основна ідея інтерактивних завдань, які можуть бути створені завдяки даного сервісу, полягає в тому, що учні можуть перевірити і закріпити свої знання в ігровій формі, що сприяє формуванню їх пізнавального інтересу до певного навчального предмету.

Wordwall – універсальний навчальний ресурс, що вирішує одне з найважливіших завдань освітнього процесу - підвищення мотивації здобувачів освіти. За допомогою цього ресурсу можна організувати диференціальне та індивідуальне навчання, створюючи різні типи вправ, наприклад, друковані чи інтерактивні, з урахуванням можливостей кожного окремого здобувача освіти.

Інтерактивні вправи можна відтворювати на будь-якому веб-пристрої: комп'ютері, планшеті, телефоні чи інтерактивній дошці. Дані вправи можна використовувати як для самостійної роботи здобувачів освіти так і викладачу для роботи здобувачів освіти біля дошки.

Вправи створюються за допомогою шаблонів (вікторина, кросворд, анаграма). Також є аркадні ігри.

Сервіс достатньо зручний для групової роботи. Здобувачам освіти надаються посилання на вправу, і в режимі реального часу вони виконують завдання. Сервіс дає можливість здійснювати рейтинг результатів, сформований у вигляді таблиці.

Thinglink – онлайн інструмент дозволяє робити інтерактивні зображення, додаючи спеціальні мітки з мультимедійним контентом (посилання на певні ресурси, відео, аудіо, світлини, текст). Ресурс дозволяє працювати над широким діапазоном різних типів проєктів (карти мандрівок, навчальні посібники, плакати, інтерактивні схеми, віртуальні екскурсії), над кожним з яких можна працювати як індивідуально, так і спільно.

У сучасних умовах, коли активно впроваджується змішана форма навчання, нам потрібні інструменти, які б полегшували нашу працю при навчанні онлайн і офлайн.

Один із таких інструментів – платформа www.thinglink.com/edu. Вона дозволяє створювати інтерактивні плакати, що містять весь необхідний навчальний матеріал на одному екрані. Весь матеріал можна додати на слайд заздалегідь, відкрити його для демонстрування під час заняття, а також дати на нього посилання всім, хто залучений до процесу навчання за даною темою. Складність становить те, що платформа не має української мови.

Canva – це онлайн-платформа для графічного дизайну, яка використовується для створення різноманітних візуальних матеріалів, таких як: обкладинки для профілів, публікації, історії, банери; слайди, інфографіка, звіти; листівки, брошури, плакати, візитки; банери, значки, графіка для веб-сайтів; календарі, листівки, плакати. Canva це чудовий інструмент для створення професійного візуального контенту без необхідності володіти знаннями графічного дизайну.

Одним із переваг Canva є вбудований штучний інтелект (ШІ), який використовується для різних функцій, щоб допомогти користувачам створювати візуальний контент. Canva використовує ШІ для генерування зображень на основі текстового опису. Це може бути корисно, якщо у нас немає власних зображень або якщо ми хочемо створити унікальні візуальні ефекти; ШІ використовується для покращення зображень, наприклад, для видалення фону, регулювання освітлення та кольору, а також для автоматичного ретушування; ШІ може рекомендувати шаблони на основі ваших потреб і стилю; ШІ може допомогти вам створити дизайн, пропонуючи різні макети, шрифти та колірні палітри; ШІ може допомогти вам масштабувати зображення без втрати якості.

Canva постійно додає нові функції, що працюють на основі ШІ, тому можливості постійно розширюються.

Сервіс Wizer.Me – інтерактивні робочі аркуші, для роботи в класі на інтерактивній дошці.

За допомогою сервісу можна створювати цікаві дидактичні матеріали з будь-якої теми програми з використанням текстів, відео, аудіо, зображень, у тому числі інтерактивних.

Інтерактивний робочий аркуш є веб-сторінкою, на якій можна розмістити навчальний матеріал і різного типу завдання для здобувачів освіти.

По суті – це інструмент для створення інтерактивних робочих аркушів, в якому можна використовувати наступні завдання: відкрите питання, питання з вибором відповіді, коментування-дискусія на задану тему, поєднання тексту і малюнку, з'єднання частин, таблиця, сортування, малювання.

Висновки. Завдяки цифровим технологіям, ми можемо зробити освітній процес більш індивідуальним. Кожен здобувач освіти має унікальні потреби та темпи навчання. Цифрові інструменти дозволяють створювати персоналізовані навчальні шляхи для кожного здобувача освіти, забезпечуючи безперервний зворотний зв'язок та адаптуючи матеріал до його рівня знань. Це дозволяє кожному здобувачеві освіти розвиватися в своєму власному темпі та досягати кращих результатів."

Посилання

1. Биков В.Ю. Мобільний простір і мобільно орієнтоване середовище інтернет - користувача: особливості модельного подання та освітнього застосування // Інформаційні технології в освіті. 2013. – №17. С. 9-37.
2. Генсерук Г. Р., Мартинюк С. В. Розвиток цифрової компетентності майбутніх учителів в умовах цифрового освітнього середовища закладу вищої освіти. Інноваційна педагогіка. Одеса, 2019. Вип. 19, т. 2. С. 158–162.
3. Гриценко В., Юстик І. Використання сервісу Google Classroom для управління освітніми процесами. URL: <http://www.kspu.kr.ua/ua/ntmd/konfe77rentsiy/2015-10-06-06-17-54/sektsiia-4/3930-vykorystannya-servisu>
4. Особливості дистанційного навчання. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
http://pidruchniki.com/1209061355085/pedagogika/osoblivosti_distantnyi_navchannya.
5. Положення про змішане навчання, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13>.
6. Google-Клас. Довідка Клас 2020:
[URL:https://support.google.com/chrome/?p=help&ctx=keyboard#topic=9796470](https://support.google.com/chrome/?p=help&ctx=keyboard#topic=9796470)

ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ ОСВІТИ І НАУКИ У ЦУКРОВУ ГАЛУЗЬ УКРАЇНИ

Ст. дослід., пров. наук. співр., канд. техн. наук Т.В. Шейко
Інститут продовольчих ресурсів НААН України, м. Київ, Україна
Ст. викладач, канд. техн. наук В.О. Малишев
Інститут післядипломної освіти
Національного університету харчових технологій, м. Київ, Україна

На сьогоднішній день цукрова галузь в Україні зазнала суттєвого занепаду та деструктуризації. Так, до прикладу, до 1991 року у період становлення України, як незалежної держави, налічувалось 195 цукрових заводів. Станом на 2021 рік в Україні налічувалось 35 працюючих цукрових заводів. Під час повномасштабного вторгнення росії на територію України у 2022 році розпочали виробничий сезон лише 22 цукрових заводи, а у виробничий сезон 2024-2025 рр. запущено у роботу 28 заводів.

Зрозумілим є те, що всі ці цукрові заводи є спадком Радянського Союзу та морально і технологічно застарілі. Більшість заводів була низької потужності, і з огляду на вартість допоміжних матеріалів, вартість палива та енергоносіїв їх запуск був абсолютно не рентабельним, а точніше - збитковим.

Водночас кілька провідних агрохолдингів України є максимально орієнтованими на цукрову галузь і вкладають кошти у технологічне осучаснення виробництв, їх модернізацію, реконструкцію та збільшення робочих потужностей.

Але на сьогоднішній день існує проблема не достатньої взаємодії представників виробництва, освітян та науковців у даній сфері. Відсутній тісний контакт науки з виробництвом.

Відомо, що матеріально-технічна база кафедр і наукових установ не завжди є на належному технічному рівні і не дозволяє провести надсучасні доказові і прикладні наукові дослідження. Але саме об'єднавшись з галуззю і провівши популяризацію спільної роботи учених з виробничниками та залученням інвестицій ситуацію можна кардинально змінити. Варто започатковувати спільну співпрацю з науковцями з інших країн та закордонними замовниками наукового продукту шляхом залучення міжнародних грантів. Спільного проведення наукової розробки «від ідеї» до впровадження у технологічний процес з проведенням розрахунків всіх затрат та впливом на собівартість, якість і безпечність готової продукції.

Важливо звертати увагу на диверсифікацію цукрового виробництва, зокрема на переробку відходів і напівпродуктів на біоетанол, біогаз, виробництво добрив, органічних кислот, бетаїну, тощо. Це дасть можливість осучаснити цукрове виробництво, підняти його рентабельність і дати можливість вийти на міжнародні ринки, зокрема, в рамках подання заявки України на членство у Європейському Союзі. [1,2]

Інтеграція наукових проєктів та розробок безпосередньо у виробництво дасть змогу поліпшити ситуацію з науковими та інженерними кадрами для

цукрової галузі, так як на сьогоднішній день спостерігається великий дефіцит фахівців для виробництва (топ-менеджмент, технологи, інженери, очільники змін), які в подальшому зможуть адаптувати цукрову галузь під потреби і вимоги сучасного суспільства [3].

Наразі, в Україні фахівців для цукрової галузі готує лише одна кафедра, яка має назву «Кафедра технології цукру і підготовки води» і знаходиться вона у Національному університеті харчових технологій. Підвищенням кваліфікації співробітників і топ-менеджменту цукрових заводів України займається Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій, але на сьогодні цей Інститут переживає скрутні часи з реорганізації.

Єдиним арбітражним, сертифікованим і вузькопрофільним органом з перевірки і контролю якості роботи цукрової галузі в Україні є лабораторія відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів Інституту продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України. Відділ, окрім проведення доказових досліджень та технологічного аудиту на вимогу виробництв, працює над виконанням важливих для цукрової галузі фундаментальних і прикладних тематик за кошти державного бюджету України, де моделюються і опрацьовується різні можливі ситуації виробничого характеру та проводяться змістовні наукові і доказові дослідження.

В рамках виконання тематики відділу досліджуються способи переходу нецукрів у дифузійний сік та напівпродукти цукрового виробництва, перехід сахарози з бурякової стружки до дифузійного соку та вплив різних технологічних факторів на величину неврахованих втрат сахарози у виробництві. Вивчаються шляхи диверсифікації виробництва, циркулярність цукрового виробництва (безвідходні технології), та шляхи декарбонізації виробничих процесів (зниження шкідливих викидів та екологізація).

Що стосується якості напівпродуктів цукрового виробництва, то у відділі активно досліджується неконтрольований розвиток мікрофлори призводить до неврахованих втрат сахарози у технологічному процесі, обволікання технологічного обладнання стабільною біоплівкою та до зниження якості напівпродуктів виробництва і до зниження якості готової продукції.

Основна мікрофлора в дифузійній установці переважно представлена бактеріями і незначною кількістю мікроміцетів. Здебільшого переважають спороутворюючі бактерії роду *Bacillus* (*Bac. Subtilis*, *Bac. Mesentericus*, *Bac. Megatherium*, *Bac. Pediculatum*, *Bac. Mycoides*, *Bac. Circulans* та інші). За порушень температурного режиму та вимушеній зупинці технологічного обладнання в соку розмножуються дріжджі *Saccharomyces*, *Toryla*, *Monilia*, *Candida* та інші.

Наявність спорутворюючих бактерій у дифузійному соку сприяє утворенню інвертного цукру, нітритів та газів, накопиченню органічних кислот, близько 95% яких становить молочна кислота. Розвиваючись у жорстких умовах процесу дифузії, спорові бактерії пристосовуються до підвищених температур.

При переробці буряків низької якості або підморожених буряків у дифузійному соку розмножуються також молочнокислі бактерії *Leuconostoc*, *Lactobacterium plantarum* і особливо *Leuconostoc dextranicum*, *Leuconostoc*

mesenteroides. Через розмноження слизеутворюючих бактерій роду *Leuconostoc* дифузний сік ослизняється, стає в'язким, має погіршену фільтраційну здатність. Клітини цих бактерій стійкі до підвищених температур та дії низки антисептиків, оскільки утворюються мікро- та макрокапсули з багатошаровими слизовими оболонками - біоплівки [4,5].

Особливістю формування захисної біоплівки є складовою частиною життєвого циклу більшості відомих мікроорганізмів та способом їх захисту бактерій від несприятливих факторів та агресивного середовища. Найчастіше біоплівки утворюються мікробними конгломератами на поверхні розділу фаз. Ці мікроорганізми зазвичай розміщені в матриксі синтезованих ними позаклітинних полімерних речовин. Стійкість мікроорганізмів, організованих у біоплівку, до різних біоцидів до 1000 разів вища [6 PROBLEMS OF INTEGRATION OF EDUCATION AND SCIENCE INTO THE SUGAR INDUSTRY OF UKRAINE].

Матрикс захищає бактерії в біоплівці від біоцидних препаратів, а також від несприятливих впливів зовнішнього середовища (рН середовища, осмотичного шоку, висихання, УФ-опромінення, високої температури тощо).

На сьогоднішній день тривають розробки з визначення різних факторів і засобів для швидкого і якісного руйнування/видалення біоплівки. Сучасні наукові підходи спрямовані на подолання екстрацелюлярного шару біоплівки.

Зараз активно проводяться наукові дослідження з цього напрямку, робота триває, є позитивні результати. До виконання наукової тематики долучені 2 аспіранти, налагоджено контакт з кількома цукровими заводами, де активно проводяться пілотні дослідження та випробування нових способів боротьби з біоплівкою.

Посилання

1. Сичевський М. П., Хомічак Л. М., Олійнічук С. Т. Шляхи диверсифікації цукрового виробництва. Цукор України. 2013. № 4 (88). С. 9–14.
2. Григоренко Н. О., Штангеев В. О., Хомічак Л. М., Грінченко І. Г. Шляхи пошуку розширення асортименту продукції цукрової галузі України. Цукор України. 2016. № 6-7 (126-127). С. 41–44.
3. Логвін В. М., Хомічак Л. М. Забезпечення цукрової промисловості України фахівцями спеціальності «Технології цукру та полісахаридів». Цукробурякове виробництво в умовах реформування національної економіки. 2012. С. 67-69.
4. Гусятинська Н.А., Нечипор Т.М. Ефективність сучасних дезінфектантів при переробленні цукрових буряків, уражених бактеріями роду *leuconostoc*. Food technology scientific Works of NUFT. 2017. Volume 23. issue 6 p.109-206
5. Шейко Т.В. Вплив мікробіологічної біоплівки на технологічний процес цукрового виробництва. Продовольчі ресурси. 2021. № 16. С. 221-228 <https://doi.org/10.31073/foodresources 2021 -16- 21>.
6. [Ceri H](#), [Olson ME](#), [Stremick C](#), [Read RR](#), [Morck D](#), [Buret A](#). The Calgary Biofilm Device: new technology for rapid determination of antibiotic susceptibilities of bacterial biofilms. [J Clin Microbiol](#). 1999 Jun;37(6):1771-6.

Секція 2

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ
РОЗВИТКУ НАУКИ І ВИРОБНИЦТВА**

ГОЛОВА – ХОХЛОВА ТЕТЯНА СТАНІСЛАВІВНА

канд. техн. наук, професор, декан факультету
Український державний університет науки і технологій /УДУНТ/
(Навчально-науковий інститут "Дніпровський металургійний інститут")
Нікопольський факультет УДУНТ

Section 2

**MODERN PROBLEMS
OF SCIENCE AND PRODUCTION DEVELOPMENT**

CHAIRMAN – TETIANA KHOKHLOVA

Dr. Eng., Prof., Dean of the Faculty
Ukrainian State University of Science and Technologies /USUST/
(Educational and Scientific Institute "Dnipro metallurgical institute")
Nikopol Faculty of USUST

ВИЗНАЧЕННЯ ХВИЛЬОВИХ ЯВИЩ У БІОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Доцент, канд. техн. наук І.М. Аксьонова
Одеська державна академія будівництва та архітектури
м. Одеса, Україна

Хвильові збудження у біохімічних процесах очищення стічних вод ідентифікується сумарним ефектом екзо- та ендотермічних реакцій ферментного каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук. Формування колоїдної системи з специфічними властивостями: кінематичної в'язкості, ξ -потенціалу колоїдних часток та іншого, дозволяє ідентифікувати виникнення хвильового збудження відносно відповідного біохімічного процесу. У практики модулювання мікробіологічних процесів у фармацевтичній та харчовій промисловості ідентифікація процесів не потрібна тому, що відомі компоненти системи і відповідно тому більше потрібно знати кінетику процесу, обумовлюючи вихід та якість продукту. Ідентифікація процесів та їх стадій у біохімічному очищенні стічних вод навпаки має дуже важливе значення, щоб більш ефективно проводити процес. Ідентифікація кількості та якості високомолекулярних сполук у стічній воді визначається інтегральними методами за хімічним споживанням кисню (ХСК) відповідна класифікація та динаміка трансформування органічної речовини у стічних водах розглянута у [1-3]. Але цього недостатньо для відтворення більш ефективного процесу реакцій ферментного каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук у біохімічних реакторах різного роду. Визначення процесів реакцій ферментно-каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук за хвильовими характеристиками дозволяє розпізнати процеси, що відбуваються і на якій стадії вони проходять на даний час. Отримані хвильові характеристики стічної води, яка знаходиться у процесі ферментно-каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук порівнюють з модельними системами у спокійному та збудженому стані. Вимір електричних, термодинамічних характеристик та мікроскопічне дослідження просторових структур отриманої колоїдної мікросистеми і динаміки її змін дає можливість скоректувати процес.

Визначення хвильових явищ у реакторах різної геометричної конфігурації залежить від гідравлічних умов проходження процесу. Об'єктивно слід вважати у реакторах коридорного типу вони відрізняються від хвильових характеристик у реакторах колонного типу на основі кінетики проходження гетерогенних та гомогенних хімічних реакцій ферментно-каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук. Слід зазначати, що будь який біохімічний та хімічний або фізико-хімічний процес має свої хвильові характеристики. Оцінка хвильових характеристик та

зіставлення їх з оптимальними умовами отримання позитивного результату на виході з реактора дозволить більш продуктивно експлуатувати біореактори.

Хвильові характеристики мають і гідродинамічні параметри руху рідини. Паралельні турбодинамічні швидкісні, циркуляційні, гвинтові та комбіновані рухи рідини мають власні хвильові характеристики. Негативні наслідки кавітації, гідравлічних ударів та їх хвильові характеристики описані у сучасній літературі, але менш вивчені та досліджені низькочастотні коливання та їх хвильові характеристики. Позитивні наслідки кавітації низької інтенсивності на біохімічні процеси та її властивості на процеси розщеплення високомолекулярних органічних сполук дають право вважати, що ідентифікація низькочастотних хвильових явищ у ректорах різного роду та модулювання оптимальних умов проходження процесів оптимізують управління біохімічними хімічними та фізико-хімічними процесами в очищені стічних та природних вод та впливом на самоочищення водних об'єктів.

Модулювання та формування гідравлічних потоків з відповідними низькочастотними хвильовими характеристиками для позитивного впливу на гідробіонти, активний мул та іммобілізовану біомасу, на проходження біохімічних хімічних реакцій, фізико-хімічних процесів базуються на їх хвильовому відгуку у спокійному та збудженому стані відповідно[3,2]. Важливою умовою для реалізації цього є, насамперед, розробка та апробація методів ідентифікації низькочастотних хвильових явищ у біореакторах різної геометричної конфігурації.

Методи дослідження стану біохімічних процесів у реакторі можуть базуватися на ультразвуковому обстеженні[7] відповідного об'єму реактору, теплотехнічному обстеженню об'єму біореактора, візуалізації мікроструктур колоній бактерій, та їх просторової конфігурацію в спокійному та збудженому стані, та інше. Безпосередньо дослідження стану роботи біореакторів дає більш об'єктивну оцінку біохімічних процесів та можливість їх корегування.

Дію електричного, магнітного електромагнітного, радіоактивного, ультрачастотного, інфрачервоного випромінювання для інтенсифікації або інгібування розвитку біоценозу в біореакторі на основі Ідентифікації хвильових явищ біохімічних процесів можливо точніше дозувати відповідно змін просторової структури колоїдної та мікроколоїдної системи у збудженому стані.

Дослідження екзогенних та ендогенних зон в об'ємі біореактора з допомогою теплотехнічного обстеження забезпечує даними о місці, поширенні та динаміки екзотермічних та ендотермічних біохімічних процесів, а також інтенсивність процесів дифузії та вирівнювання температури. Важливо отримати термодинамічні характеристики роботи різних типів загрузок, вставок та інших видів диференціації об'єму біореакторів для очищення стічних вод.

Важливе значення також має адаптація методик ультразвукового обстеження об'єму біореакторів для вияву якісних та кількісних характеристик хвильових явищ реакцій ферментно-каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук в спокійному та збудженому стані колоїдної та мікроколоїдної системи.

Результати ультразвукового обстеження характеристики гідродинамічного току рідини та хвильових імпульсів які збільшують, або зменшують екзогенні та ендогенні зони процесів біохімічних реакцій ферментно-каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук, які одночасно виявлені теплотехнічним обстеженням об'єму біореактора, зіставляються з інтегральними показниками вмісту органічної речовини відношенням показників перманганатної окиснюваності та ХСК, загальному азоту та ХСК, загальному фосфору та ХСК, азоту амонійного та нітрит-, нітрат-іонів. Інтегральні показники окремих відношень та їх залежності, які характеризують відповідні біохімічні процеси у біореакторах очищення стічних вод та хвильові характеристики реакцій ферментно-каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук дають об'єктивну оцінку роботи реактору заданих гідродинамічних умовах. Стійкість відповідних зон у різних гідродинамічних умовах обумовлюється швидкістю процесів метаболізму та росту чисельності колоній бактерій, їх стабільності в току рідини, пристосуванні мікроорганізмів до відповідного об'єму реактору у вільному та прикріпленому стані. Чим більше диференціація об'єму реактора, тим більш сприятливі умови для проходження реакцій ферментно-каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук, тим однорідніше теплотехнічні характеристики повного об'єму біореактору очищення стічних вод.

Висновки

Сучасні методи діагностики різних видів випромінювання дають можливість використовувати їх для ідентифікації хвильових явищ біохімічних процесів очищення стічних вод

Визначення хвильових характеристик реакцій ферментно-каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук порівняно з інтегральними методами ідентифікації дають можливість отримання методик, як якісної, так і кількісної характеристики середовища біореактора

Ідентифікація хвильових явищ гідродинамічного току рідини дозволить вчасно реагувати на випромінювання яке інгібує біохімічні процеси у реакторі

На даний час цікавим є зіставлення теплотехнічних, ультразвукових та мікроскопічних обстежень об'єму біореактора та вияву екзо- та ендогенних зон і динаміки дифузійних процесів у біологічному субстраті біореактора очищення стічних вод

Визначення характеристик хвильових явищ біохімічних процесів очищення стічних вод при наробітки відповідних методик дасть можливість більш ефективно управляти процесами при експлуатації біореакторів:

створювати позитивні хвильові характеристики різного виду випромінювань низької інтенсивності.

Визначення хвильових явищ реакцій ферментно-каталітичного розщеплення високомолекулярних органічних сполук у поєднанні з інтегральними аналітичними методами дослідження дасть можливість розширити номенклатурну характеристику органічної речовини містких стічних вод та скоріше адаптовувати відповідний біоценоз.

Корисним є ідентифікація характеристик хвильових явищ, які інгібують процеси метаболізму відповідних бактерій для регулювання їх розвитку у біореактори на різних етапах біологічної очистки. В цьому аспекті цікавими можуть бути більш детальніше вивчення хвильових характеристик процесів низькочастотної кавітації та дії різних типів аераційних систему біореакторі очищення стічних вод.

Визначення хвильових явищ гідродинамічної взаємодії току рідини зі вставками та різного роду загрузок дозволить визначити їх сприятливу конфігурацію та просторове розташування.

В загалі дослідження хвильових характеристик біохімічних процесів очищення стічних вод відкриває перспективи комплексного модулювання ефективного біологічного очищення стічних вод з використанням нанотехнологій

Посилання

1. Harremoes P., Henze M., Arvin E., Dahi E., Teoretisk vandhygiejne (Water Chemistry). Third edition. Polyteknisk Forlag, Lyngby, Denmark (1989).
2. Henze M., Harremoes P., Anaerobic Treatment of Wastewater in Fixed Film Reactors – A Literature Review. Water Sci. Technol., 15, (8/9), 1-101 (1983).
3. Andrews J.F., Dynamic Model of Anaerobic Digestion Process. J. Sanit. Engng.Div., Proc. ASCE, 95, 95-116 (1969).
4. M. Henze et al., *Wastewater Treatment* Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1997-420 p.
5. Udo Wiesmann, In Su Choi, Eva-Maria Dombrowski *Fundamentals of Biological Wastewater Treatment* /WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2007-393p.
6. Вітенько, Т. М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних хімічних і біологічних процесах [Текст] / Т. М. Вітенько. — Тернопіль: Видавництво Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя, 2009. — 224 с.
7. Мокрый, Е. Н. Ультразвук в процессах окисления органических соединений [Текст] / Е. Н. Мокрый, В. Л. Старчевский. — Львов: Вища школа, 1987. — 120 с.
8. Pandit, A B. Hydrolysis of fatty oils: effect of cavitation [Text] / A. B. Pandit, J. B. Joshij // Chemical Engineering Science. — 1993. — Vol. 48, № 19. — P. 3440–3442. doi:10.1016/0009 2509(93)80164l

ВИБІР ТИПУ ГІДРОЦИЛІНДРУ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ НАТЯГУ СІТКИ КОНВЕЄРУ ТУНЕЛЬНОЇ ПЕЧІ

Магістр О.А. Антіпов, доц., канд. техн. наук С.М. Зибайло
Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
ННІ “Український державний хіміко-технологічний університет”
м. Дніпро, Україна

Вступ.

Необхідність у створенні системи автоматичного регулювання натягу сітки конвеєру тунельної печі виникає в тих випадках, коли з’являються значні відхилення від оптимального робочого режиму: процесу внаслідок впливу зовнішніх факторів. Цим фактором у тунельній печі є постійна зміна температури димових газів, особливо при використанні у якості палива пелет замість природного газу. При цьому ручне регулювання процесу натягу, як правило, неможливе чи неефективне через високе навантаження й обмеження швидкості реакції гідроциліндрів натяжного барабану.

На запроектованій тунельній печі встановлено два гідроциліндри односторонньої дії з пружинним поверненням штоку, які мають наступні характеристики:

- діаметр штока: 25 мм.
- діаметр циліндра: 50 мм.
- робочий хід: 360 мм.
- тиск номінальний: 8 МПа.
- тиск максимальний: 10 МПа.
- зусилля на штоку при ККД=0,95: штовхаюче: 19,8 кН.

Даний тип гідроциліндру дозволяє регулювати натягіння металевої сітки на початку циклу і непридатен для регулювання натяг сітки в процесі випікання печива.

Основна частина.

Об’єктом дослідження наукової роботи є привід сітки тунельної печі для випікання печива.

Предметом дослідження є гідроциліндр натягіння сітки на приводному барабані сіткового конвеєра.

Мета дослідження: удосконалення конструкції та моделювання роботи гідроциліндра натягіння сітки тунельної печі для випікання печива.

Так як в конструкції встановлених гідроциліндрів не передбачено тягнуче зусилля і шток повертається за рахунок дії пружини, а також існує необхідність автоматично регулювати натяг металевої сітки при зміні температури теплоносія в тунельній печі, в проекті запропоновано заміну штовхаючих гідроциліндрів на гідроциліндри двосторонньої дії з одностороннім штоком з тими же самими конструкційними розмірами.

Тому існує необхідність порівняти експлуатаційні характеристики та обрати тип гідроциліндру для регулювання натягу сітки конвеєру тунельної печі.

Оцінка функціонування системи гідравлічної автоматики і відповідності режимів її роботи технічним вимогам при експлуатації проводиться за наступними показниками:

- допустимою статичною нечутливістю;
- швидкодією виконавчого механізму;
- стійкістю (відсутністю автоколивань);
- точністю регулювання;
- температурним режимом робочої рідини.

Для забезпечення високого гідравлічного ККД та температурно-в'язкісних характеристик при 40°C в роботі обрано гідравлічне масло ISO VG 46 з в'язкістю 46 мм²/с, що містить антикорозійні присадки.

Для обраної гідравлічної рідини розраховано її витрату (Q), яка впливає на швидкість руху штоку гідроциліндра (рис. 1). За рахунок використання лінійного регульованого дроселю відбувається плавне переміщення штоку.

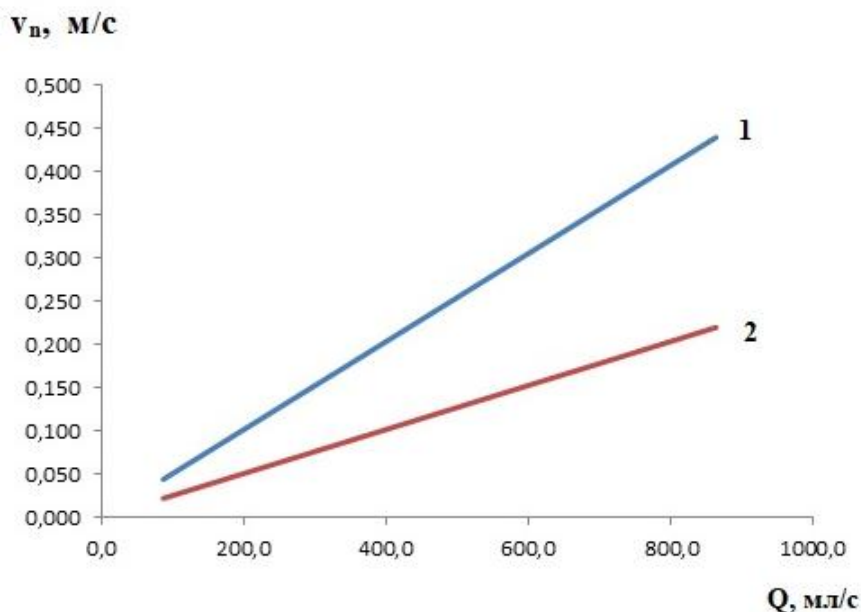


Рисунок 1 - Вплив регулювання витрати гідравлічної рідини (Q) на швидкість поршня в гідроциліндрі (v_n)

- 1 – гідроциліндр односторонньої дії з пружинним поверненням штоку;
2 – гідроциліндр двосторонньої дії з одностороннім штоком

Враховуючи високу швидкість руху поршня (хід поршня висувається менше ніж 1с) та низьке штовхаюче зусилля гідроциліндру односторонньої дії з пружинним поверненням штоку, для плавного регулювання натягу металевої сітки на натяжному барабані розраховано експлуатаційні характеристики гідроциліндру двосторонньої дії з одностороннім штоком (рис. 2).

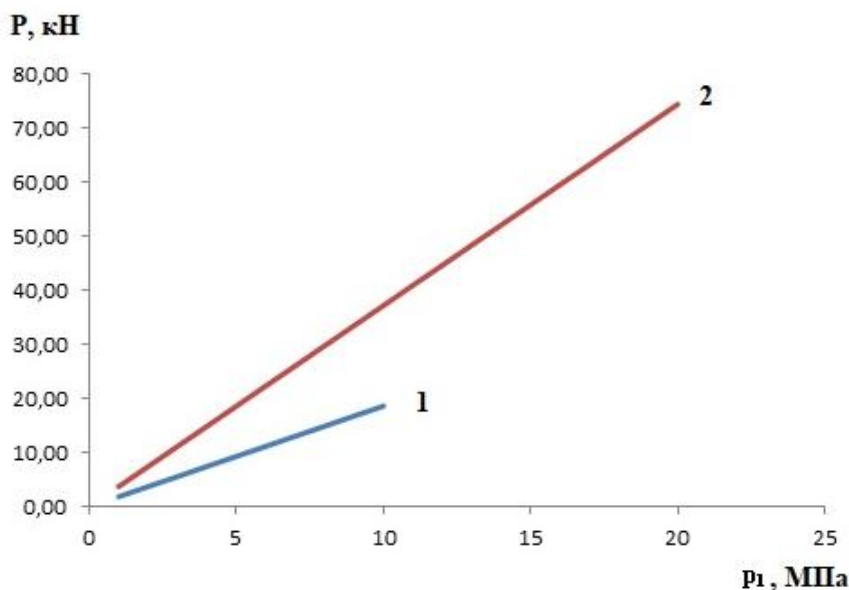


Рисунок 2 - Вплив тиску в гідроциліндрі (p_1) на корисне зусилля штоку (P)

1 – гідроциліндр односторонньої дії з пружинним поверненням штоку;

2 – гідроциліндр двосторонньої дії з одностороннім штоком

Встановлено, що за рахунок зворотнього ходу штоку можливо плавно регулювати швидкість руху поршня та мати більші корисне зусилля на один гідроциліндр.

Висновки.

1. Основним недоліком лінійних дроселів є нестабільність характеристики дроселя за зміни температури робочої рідини, обумовлена залежністю в'язкості робочої рідини від температури. Тому в роботі обрано в'язке гідравлічне масло ISO VG-46 з кінематичною в'язкістю більше 41,3 мм²/с при 40°C, що забезпечить високий рівень гідравлічного ККД та температурно-в'язкісних характеристик при натяжінні металевої сітки тунельної печі для випікання печива.

2. Регулювання натягу краще робити застосовуючи гідроциліндр двосторонньої дії з одностороннім штоком, тому що за рахунок зворотнього ходу штоку можливо плавно регулювати швидкість руху поршня та мати більші корисне зусилля на один гідроциліндр.

3. Диференційна схема підключення гідроциліндру двосторонньої дії з одностороннім штоком потребує заміни регулятора витрати гідравлічного масла.

Посилання

1. Пелевін Я.Є. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика: Підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів, які навчаються за напрямками підготовки "Інженерна механіка", "Педагогічна освіта", "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології", "Прикладна механіка" та "Електромеханіка" / Я. Є. Пелевін, Д. О. Міщук, В.П. Рашківський, Є.В. Горбатюк, Г.О. Аржаєв, В.Ф. Красніков; Київ: КНУБА, МОНУ, 2015. 340 с.

2. Федоров В.Г. Гідравліка і гідропривод: довідник / В.Г. Федоров, Н.С. Мамелюк, О.І. Кепко, О.С. Пушка; за ред. В.Г.Федорова. Умань: Видавничо поліграфічний центр «Візаві», 2017. 135 с.
3. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість. Підручник / С. Бойченко, А. Пушак, П. Топільницький, Й. Любінін, К. Лейда //За ред. проф. С. Бойченка. К.: «Центр учбової літератури», 2019. 323 с.

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ПІВВАГОНА З ГЛУХИМ КУЗОВОМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Канд. техн. наук, доцент Р.І. Візняк, бакалавр І.М. Кінчин

Кафедра Інженерія вагонів та якість продукції

*Український державний університет залізничного транспорту
м.Харків*

Піввагон (ПВ) нового покоління (рис. 1) розроблявся, виходячи з умов його спеціалізації та експлуатації у залізнично-водному сполученні, з метою доставки сипучих та навалочних вантажів до портів, а також з можливістю транспортування на залізничних поромках водного транспорту; експлуатацією у замкнутих кільцевих маршрутах, які пов'язують з розміщенням гірничо-збагачувальних комбінатів та існуючих родовищ вугільної промисловості. Це дозволяє їх експлуатацію по всій мережі залізниць, колії ширини 1520 мм, а також зі встановленим виходом на колію шириною 1435 мм європейських країн, що широко використовується у міжнародному сполученні.



Рисунок 1 – ПВ нового покоління

У таблиці 1 приведені основні параметри ПВ:

Таблиця 1 – Основні техніко–економічні показники ПВ нового покоління

Найменування і розмірність параметру	Значення параметру
1 Ширина рейкової колії, мм	1520
2 Вантажопід'ємність, т	82
3 Маса (тара), т	22,8±0,5
4 Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейкову колію, кН (тс)	254,9 (27)
5 Об'єм кузова, м ³	100
6 Конструкційна швидкість, км/год, (не більше, ніж)	100
7 Довжина по осях зчеплення автозчепів, мм	13834 ⁺⁶⁴ 11
8 Внутрішні розміри кузова, мм:	
– ширина	2932±10
– довжина	12626±10
– висота	
..від верхньої обв'язки до хребтової балки	2591±6
..до днища вантажної ниши	3304±6
9 Габарит, згідно [2]	1–ВМ

На основі досягнень у світовому вагонобудуванні та, враховуючи досвід експлуатації ПВ різних типів, було розроблено конструкцію ПВ нового покоління. Всі існуючі конструкції ПВ мають схожу та однотипну конструкцію, що дозволяє зменшити витрати при їх ремонті та технічному обслуговуванні, завдяки високій уніфікації основних вузлів та деталей. В новій конструкції також задіяні рішення і основні типові вузли [1, 2]. Габаритні розміри розробленого ПВ наведені на рисунку 2.

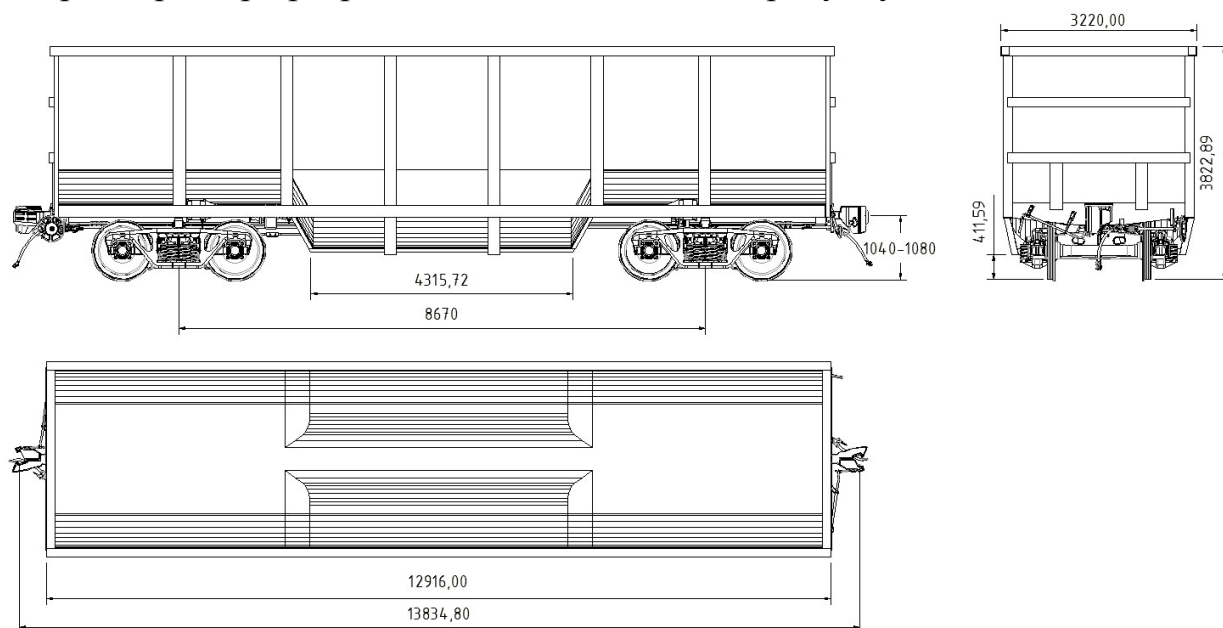


Рисунок 2 – Загальний вигляд ПВ

Головною відмінністю від ПВ - аналогів, які на даний момент експлуатуються АТ “Укрзалізниця” і операторами рухомого складу, розроблений ПВ має ряд переваг:

- Збільшене осьове навантаження до 265 кН (27 т) на вісь;
- Габарит 1–ВМ;
- Збільшена вантажопід’ємність до 82 т;
- Збільшений об’єм кузова до 100 м³;
- Використання по візкового гальмування;
- Збільшений нормативний термін служби не менше 32 років;
- Збільшений міжремонтний пробіг до 1 млн. км, при використанні ходових частин нового покоління;
- Забезпечення збереження при вантажно-розвантажувальних роботах (ВРР), згідно до [3], і за рахунок остаточного виключення з експлуатації рейферного розвантаження.

До недоліків розробленого ПВ можна віднести часткове зменшення його універсальності і можливе збільшення порожнього пробігу при недостатній завантаженості перевізного процесу, згідно [4, 5].

Посилання

1. ДСТУ 7598: 2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамоходних). Чинний від [2014-12-02]. Вид. офіц. Київ, 2014. 32 с. URL:<http://uas.org.ua> (дата звернення: 17.05.2021).
2. ДСТУ Б В.2.3-29:2011. Габарити наближення будівель і рухомого складу залізниць колії 1520 (1524) мм (ГОСТ 9238-83, MOD). Чинний від [2012-12-01]. Вид.. Київ, НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ, Мінрегіон, 2012. 50 с. URL: [https://kvs.do.am/..](https://kvs.do.am/) (дата звернення: 15.11.2024).
3. ДСТУ ГОСТ 22235: 76:2010:2015 Вагони вантажні магістральних залізничних доріг колії 1520 мм. Загальні вимоги щодо забезпечення збереження під час завантажувально-розвантажувальних та маневрових робіт (ГОСТ 22235-2010, IDT) [Чинний від 2010-11-12]. Вид. офіц. Київ, 2015. 24 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200082560> (дата звернення: 16.05.2021).
4. Візник, Р. І. Проектування перспективного піввагона нового покоління підвищеної вантажопід’ємності з припустимим осьовим навантаженням 25— 27 т. [Текст] / Р.І. Візник, І.В. Чепурченко // Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту: міжнар. наук.–техн. конф.. — Дніпропетровськ : ДПТ, 14— 15 Квітня 2012.— 67 с.
5. Пат. 72360 Україна, № 72360 МПК7 В61F 1/00, В61D 3/00 . Піввагон з глухим кузовом: Пат. 72360 Україна, № 72360 МПК7 В61F 1/00 / І.В. Чепурченко І.В., Візник Р.І. (Україна); УкрДАЗТ. №201203065; Заявл. 16.03.2012. Опубл. 10.08.2012.Бюл. №6. – 9 С.

КЛАСИФІКАЦІЯ РЕЖИМІВ ФОРМУВАННЯ ГАЗОРІДИННОГО ПОТОКУ ПРИ ВИПУСКУ РОЗПЛАВУ З КОНВЕРТЕРА

*Аспірант А.О. Вовк, зав. каф., докт. техн. наук Є.М. Сігарьов,
доц., канд. техн. наук А.А. Похвалітий, доц., канд. техн. наук М.Р. Руденко,
доц., канд. техн. наук О.А. Чубіна
Дніпровський державний технічний університет
м. Кам'янське, Україна*

Сучасна металургійна промисловість перебуває у фазі інтенсивного розвитку, зокрема в частині позаагрегатної обробки сталі, яка передбачає дедалі суворіші вимоги до її якості. Це зумовлює актуалізацію завдання вдосконалення функціональних характеристик випускного каналу конвертера. Основними напрямками досліджень є підвищення ефективності процесу відсікання високоокисленого шлаку на початку й наприкінці випуску, забезпечення захисту потоку металу від впливу атмосферних газів, а також впровадження додаткових технологічних операцій, таких як рафінування, розкислення й легування металу безпосередньо під час випуску [1, 2].

Особливий інтерес викликає використання потенційної енергії розплаву, що надходить у ківш із висоти 5–8 метрів. Ця енергія має значний потенціал для інтенсифікації супутніх процесів, таких як диспергування металу та додаткове перемішування компонентів [3, 4]. У цьому контексті оптимізація умов формування газорідинного потоку у випускному каналі конвертера є важливим етапом для досягнення високої якості продукції.

З метою визначення показників, що впливають на формування газорідинного потоку в межах випускного каналу, провели серію досліджень з використанням плоскої моделі льотки. Модель являє собою зріз циліндричної льотки з усіченими сегментами паралельними співвісно розташованій парі продувних сопел (рис. 1). В якості факторів, що впливають на показник глибини вирви обрали витрату газу q та рівень рідини в конвертері H . Ширина плоскої льотки дорівнює діаметру циліндричної. Для узагальнення результатів прийняли відносну глибину вирви, що являє собою відношення глибини вирви до діаметру (ширини) випускного каналу $K_B = \Delta i / d$. Результати досліджень представлені в таблиці 1. Вигляд взаємодії газового і рідинного потоку представлені на рис. 1.

Проведені дослідження дозволяють проаналізувати вплив витрати газу та рівня рідини в конвертері на процеси формування газорідинного потоку в межах випускного каналу. Представлені в таблиці результати свідчать, що відносна глибина вирви (K_B) має суттєві варіації залежно від параметрів витрат газу та рівня рідини.

При високих витратах газу ($q \geq 0,1 \text{ м}^3/\text{хв}$) вплив рівня рідини на відносну глибину вирви незначний і K_B залишається в межах 0,03–0,09, що свідчить про помірну організацію міжфазної поверхні. У цьому діапазоні продувка є стабільною і сприяє формуванню потоку з достатньо розвиненою міжфазною

поверхнею. Водночас, при зниженні витрат газу ($q \leq 0,05 \text{ м}^3/\text{хв}$) відносна глибина вирви істотно зростає ($K_B = 0,22\text{--}0,65$), що вказує на суттєвий вплив рівня рідини на формування газорідинного потоку. У цих умовах потік стає менш організованим і можливе зниження ефективності процесу.

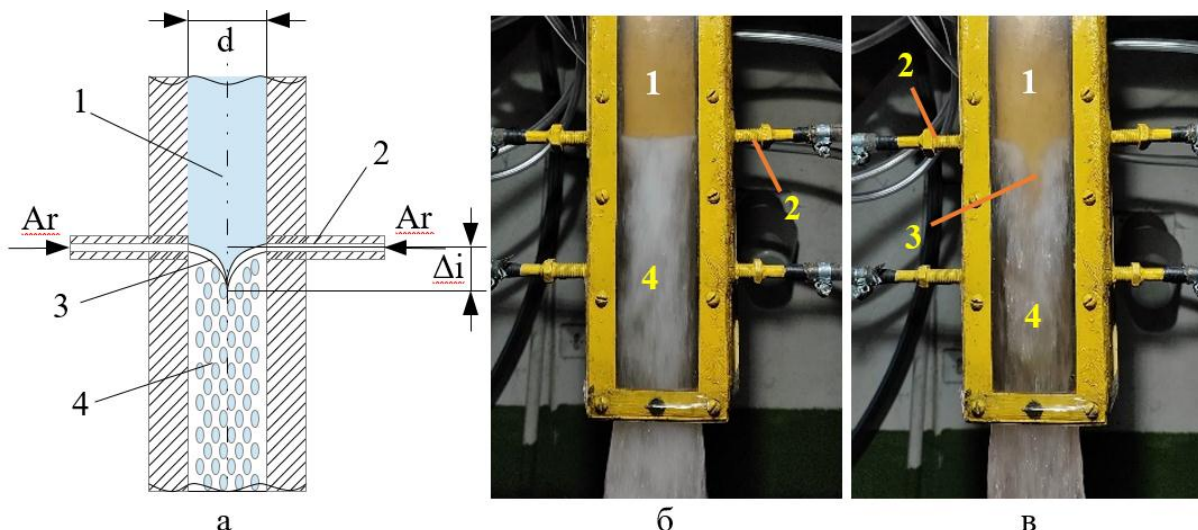


Рис. 1 – Схема (а) і вигляд взаємодії газового і рідинного потоку в порожнині випускного каналу при відносній глибині вирви $K_B=0,03$ (б) і $K_B=0,9$ (в):

1 – потік рідини; 2 – сопло; 3 – вирва; 4 – газорідинний потік

Таблиця 1 – Результати дослідження взаємодії газового і рідинного потоку в порожнині випускного каналу

№ з/п	Витрата газу на 1 сопло, $q, \text{м}^3/\text{хв}$	Рівень рідини, $H, \text{м}$	Глибина вирви, $\Delta i, \text{мм}$			Відносна глибина вирви, K_B
			min	max	med	
1	0,100	0,80	4	5	4,5	0,09
2	0,075	0,73	4	6	5	0,10
3	0,050	0,68	8	12	10	0,20
4	0,025	0,60	14	16	15	0,30
5	0,015	0,55	30	35	32,5	0,65
6	0,100	0,45	2	3	2,5	0,05
7	0,075	0,30	3	4	3,5	0,07
8	0,025	0,35	8	10	9	0,18
9	0,050	0,30	4	6	5	0,10
10	0,015	0,25	10	12	11	0,22

За результатами досліджень отримано емпіричну залежність, яка дозволяє моделювати взаємозв'язок між витратою газу, рівнем рідини та відносною глибиною вирви.

$$K_B = \frac{3,062 \cdot q^{-0,627} \cdot H^{0,857} - 65,75 \cdot q + 0,202}{d}.$$

Графічний аналіз (рис. 2) показує, що при зменшенні витрати газу та рівня рідини відбувається значне збільшення відносної глибини вирви. Це свідчить про складність забезпечення стабільного процесу продувки в таких умовах.

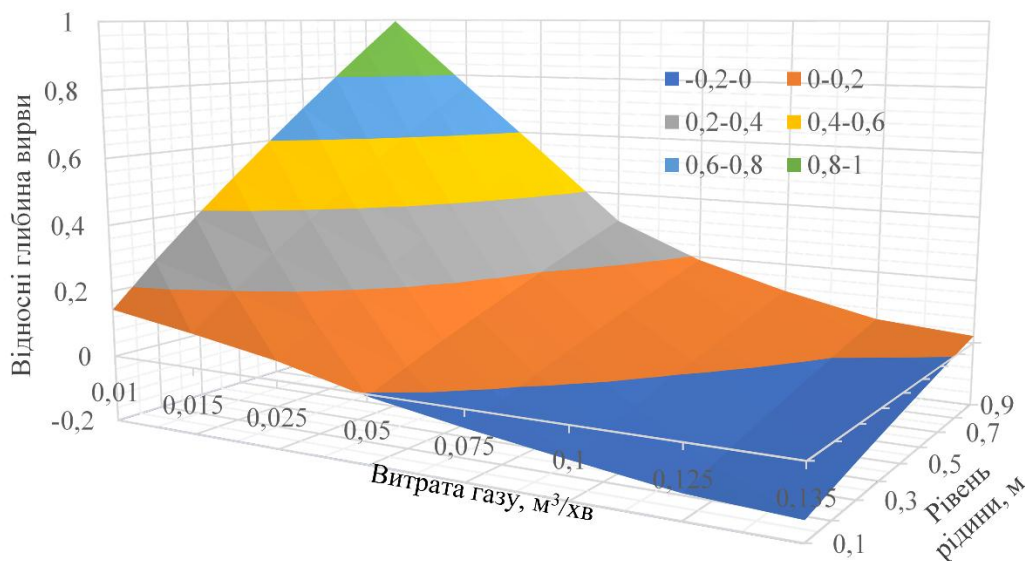


Рис. 2 – Вплив витрати газу на відносну глибину вирви при різних рівнях рідини в конвертері

Запропонована в роботі [5] класифікація режимів продувки потоку рідини в випускному каналі, де в якості показника застосовано кут нахилу газових струменів (γ), не враховує зміну рівня рідини в конвертері в процесі випуску плавки і вважається сталою, чого досить важко дотримуватись в виробничих умовах.

Аналіз отриманих даних (рис. 2) дозволив розробити класифікацію режимів продувки, яка враховує відносну глибину вирви (K_B) як ключовий параметр:

Режим І: при $K_B > 0,5$ інтенсивного перемішування газу з рідиною не відбувається.

Режим ІІ: при $0,5 > K_B > 0$ збільшення витрати газу або зниження рівня рідини сприяє зменшенню глибини вирви, що сприяє інтенсивному перемішуванню газу з рідиною. У цьому режимі формується газорідинний потік із розвиненою міжфазною поверхнею та високим ступенем організації.

Режим ІІІ: при $K_B < 0$ подальше збільшення витрати газу або зменшення рівня рідини спричиняє центральний пробій газу та перехід газорідинного потоку до дисперсно-кільцевого режиму («режим пробою»). Цей режим характеризується збільшенням кута розкриття відкритої частини потоку.

Висновки

Приведені режими продування ефективні для різних технологічних операцій. Так, для максимізації захисної дії продувального газу доцільним є продування в режимі І. Продування в режимі ІІ забезпечує найкращі умови для рафінувальних операцій завдяки інтенсивному перемішуванню та

високому ступеню організації потоку. Режим III можна застосовувати для відпрацювання технології газодинамічної відсічки шлаку. Отримані результати є основою для подальших досліджень і вдосконалення процесу випуску розплаву з конвертера в промислових умовах.

Посилання

1. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкція агрегатів, рециркуляція матеріалів та екологія: навчальний посібник. Дніпропетровськ: РВА «Дніпро – ВАЛ», 2006. 454 с.
2. Гичёв Ю.А., Перцевой В.А. Классификация и сравнение способов отсечки шлака при выпуске стали из конвертеров. *Новости науки Приднепровья*. Днепропетровск: НМетАУ, 2008, № 1-2, С. 94–98.
3. Кулик, А.Д., Кашеев, М.А., Похвалитый, А.А., Сотниченко, С.С. Совершенствование выпуска стали из конвертера. *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2013, № 1, С. 18–20.
4. Sumita Morihiro, «Method for tapping molten metal», *patent 03-236414 Japan Appl. № 02-031183, 09.02.1990*.
5. Вовк, А.О., Брага, В.В., Сігарьов, Є.М., Похвалітий, А.А., Філіна, О.А. Дослідження захисної дії аргону в диспергованому потоці при випуску розплаву з конвертера. *VI Міжнародна конференція «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід»*. Електронне видання. Дніпро: Журфонд, 2024, С. 105–109.

АНАЛІЗ ПРИЧИН ТА НАСЛІДКІВ РОЗСИПАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ МАРГАНЦЕВИХ ТА КРЕМНІЄВИХ СПЛАВІВ

Доц., канд. техн. наук О.С. Воденнікова¹,
проф., докт. техн. наук С.А. Воденніков², здобувач В.Г. Коростін¹

¹Запорізький національний університет

²Національний університет «Запорізька політехніка»
м. Запоріжжя, Україна

На сьогодні проблематика охорони навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів – одні з актуальних напрямлень досліджень науковців по всьому світу. Безпосередньо проблема захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів, в тому числі під час отримання марганцевих та кремнієвих сплавів, вимагає постійної уваги.

Проблематика уловлювання, очищення та використання пилу, шламів, що утворюються в процесі виплавки марганцевих та кремнієвих сплавів на

українських металургійних підприємствах, більш-менш розкрита. Але, наприклад, проблема розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів носить відкритий характер і потребує аналізу та пошуку шляхів її подолання з залученням досвіду провідних науковців зі всього світу [1].

Вирішення проблематики феросплавного виробництва представляється можливим за рахунок комплексу стратегічних заходів як в масштабах металургійної галузі, так і держави в цілому. Безпосередньо вирішення проблем необхідним є розробка державних програм, що мають передбачати розвиток інноваційної інфраструктури та науково-технічне забезпечення металургійного виробництва, економічно-обґрунтовану цінову політику на енергоносії, комерціалізацію наукових доробок, налагодження ефективного співробітництва між державою, бізнесом та науковою спільнотою, збільшення кількості приватних інвестицій [2, 3].

Особливістю сплавів системи Fe-Si в рідкому стані (зокрема для висококремністих марок ФС65, ФС70, ФС75 та інших) є сильний розвиток ліквідації у процесі розливки, який супроводжується різним вмістом кремнію по висоті зливку. Домішки у вигляді кальцію, алюмінію, фосфору та миш'яку також сильно ліквірують, що призводить до самовільного розсипання окремих районів зливку або повному розсипанню їх до порошкоподібного стану [4].

Аналіз провідних наукових досліджень структури та властивостей феросиліцію показав, що навіть при стандартному вмісті фосфору (0,03–0,04 %) феросиліцій з вмістом 49–51% Si схильний до розсипання. При цьому промислова практика і в даний час свідчить, що випадки розсипання феросиліцію повторюються та іноді з трагічними наслідками, оскільки при розсипанні спостерігається виділення шкідливих газів.

При формуванні в структурі 75%-ного феросиліцію (ФС75) надлишкових фаз виділення, ініціюють розсипання зливків з виділенням отруйних газів PH_3 (фосфіне) та AsH_3 (арсіне), в основному беруть участь три елементи – кальцій, алюміній і фосфор. Кремній і залізо в складі цих фаз, мабуть, стабілізують їх стійкість і знижують схильність зливків до розсипання у вологій атмосфері. При наявності в розплаві навіть невеликої кількості миш'яку він концентрується в фазах з Ca, Al та P [5].

Серед основних причин розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів слід виділити:

1. Крихкість сплаву (феросплави при механічних впливах (удари, падіння) можуть легко розколюватися на дрібні частини).
2. Неоднорідність мікро-та макроструктури (при наявності внутрішніх дефектів (наприклад, порожнин, мікротріщин або неоднорідності) вони стають більш вразливими до розсипання).
3. Високий вміст домішок (наявність сірки або фосфору можуть знижувати механічну міцність сплаву, сприяючи його розсипанню).
4. Термічні впливи (коливання температури можуть спричинити термічні напруження в матеріалі, особливо якщо феросплав містить

компоненти з різними коефіцієнтами теплового розширення).

5. Корозійні процеси (висока вологість або контакт із корозійно-активними середовищами (наприклад, під впливом луг, кислот, сірчистого газу) може призводити до окислення поверхні та послаблення структури).

6. Порушення умов зберігання (наприклад, вплив вібрацій, механічних ударів, надмірного тиску) та транспортування.

7. Особливості гранулометричного складу.

Зокрема, розглядаючи методи попередження розсипання феромарганцю та феросиліцію слід відмітити:

- необхідність використовувати сплави з оптимальним хімічним складом (відповідно до ДСТУ) та структурою;

- процес зберігання сплавів слід проводити в сухих умовах, захищених від механічних ударів;

- необхідність проводити своєчасний контроль якості продукції на етапі виробництва феромарганцю та феросиліцію, особливо на предмет дефектів структури;

- необхідність забезпечення надійної упаковки під час транспортування.

Безпосередньо руйнування високовуглецевого феромарганцю може відбуватися внаслідок руйнування з'єднання Mn_3C , а розсипання феросиліцію з вмістом більш як 50% Si ускладнюється тим, що відбувається при охолодженні лебоїтним розпадом. При швидкому охолодженні α -лебоїт фіксується у вигляді метастабільної фази, яка в подальшому розпадається зі збільшенням об'єму до 20% і викликає внутрішні напруги в сплаві, що сприяють розсипанню.

Наслідками розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів є:

1. Порушення дозування при додаванні їх в піч в якості легуючих матеріалів чи модифікаторів.

Розсипання може призвести до втрати матеріалу та порушення співвідношення компонентів, що погіршує якість сталі.

2. Зниження ефективності технологічного процесу:

При розсипанні марганцевих та кремнієвих сплавів їх дрібні частинки можуть забрати потоком газу або осісти на стінках печі, знижуючи ефективність їх розчинення в металі.

3. Збільшення кількості відходів (брухту):

Залишки марганцевих та кремнієвих сплавів, що розсипалися, часто важко зібрати та використовувати повторно.

4. Пошкодження основного обладнання металургійного процесу:

Зношування або поломки механізмів, що використовуються для подачі та змішування, можуть бути спричинені наявністю дрібних частинок. Це призведе до додаткових капітальних витрат.

5. Негативний вплив на навколишнє середовище (забруднення ґрунту (наприклад, марганець, який при попаданні в ґрунт може викликати токсичну дію на рослини та мікроорганізми), вплив на атмосферу (пил від марганцевих

та кремнієвих сплавів, що розсипалися, підніматися у повітря, що погіршує його якість, що прямо завдає загрози здоров'ю людини).

Рекомендації щодо мінімізації наслідків розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів полягають у наступному:

1. Слід використовувати автоматизовані системи подачі марганцевих та кремнієвих сплавів із мінімізацією ризику їх розсипання.

2. Треба застосовувати системи контролю дозування та фільтрації.

3. Доцільно проводити регулярне технічне обслуговування основного та додаткового обладнання феросплавного цеху (або лабораторії).

4. Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище слід організувати герметичні системи зберігання та транспортування марганцевих та кремнієвих сплавів, встановлювати пиловловлюючі фільтри на виробничих ділянках, а також створювати аварійні плани на випадок ситуацій, коли будуть розсипання цих сплавів.

Висновки

1. Процес розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів впливає на механічні, хімічні та фізичні властивості кінцевого продукту. Основні попередники розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів – порушення їх умов зберігання та транспортування.

2. Розсипання феросплавів – це не лише технологічна, а й екологічна проблема. Впровадження нових технологій, автоматизації процесів, покращення методів зберігання та транспортування та екологічний контроль зменшують ризики, пов'язані з цим. Однак для повного вирішення проблеми потрібен комплексний підхід, включаючи покращення як виробничого процесу, так і методів управління екологічним впливом.

Посилання

1. Сергеев П.В. Опорний конспект лекцій по дисципліні «Збагачення руд чорних металів» (для студентів спеціальності 7.090303 «Збагачення корисних копалин») [Текст] / П.В. Сергеев. – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – 68 с.
2. Неклеса М.А. Екологічні аспекти виробництва марганцевих феросплавів: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/52308/1/%D1%871-126-127.pdf>
3. Коваленко О.В. Проблеми та перспективи розвитку феросплавного виробництва як важкої складової металургії України [Текст] / О.В. Коваленко // Глобальні та національні проблеми економіки. – 2015. – Вип. 4. – С. 424–426.
4. Зубов В.Л. Механізована розливка і фракціонування кремнієвих феросплавів, технологія і обладнання: навч. посіб. [Текст] / В.Л. Зубов, М.І. Гасик. – Дніпропетровськ: Нац. металург. акад. України, 2011. – 143 с.
5. Ганоченко М.О. Проблеми розсипання феросплавів [Текст] / М.О. Ганоченко, О.С. Воденнікова // Матеріали XXV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 24–27 листопада 2020 р.). – Запоріжжя: ЗНУ, 2020. – С. 15–16.

ОГЛЯД СУЧАСНИХ БРИКЕТ-ПРЕСІВ ДЛЯ БРИКЕТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

*Доц., канд. техн. наук О.С. Воденнікова¹,
проф., докт. техн. наук С.А. Воденніков², здобувач Д.С. Нікіфоров¹*

¹Запорізький національний університет

*²Національний університет «Запорізька політехніка»
м. Запоріжжя, Україна*

Відомо, що сьогодні основою сировинної бази металургійної промисловості є дрібнодисперсні руди та концентрати, які являють собою продукти глибокого збагачення, оборотні матеріали, техногенні відходи, які раніше не використовували для подальшої переробки. Саме тому необхідність використання зазначених матеріалів пояснюється кількісним вмістом в них цінних компонентів. Відомі методи окускування сировини, наприклад, агломерацією та окотуванням, багато в чому вичерпали свої резерви та можливості. Виходячи з вище зазначеного, наукові доробки, спрямовані на забезпечення металургійного виробництва первородною високоякісною шихтою є дуже актуальними, а напрямок виробництва залізовмісних брикетів – перспективним [1].

Брикетування має ряд істотних переваг, які в свою чергу дозволяють вважати його перспективним методом окускування [2]:

- брикетування пред'являє менш жорсткі вимоги до якості сировини, що дозволяє окусковувати сировину крупністю 10,0-0,074 мм, а також більші або тонші фракції практично в будь-яких співвідношеннях;
- процес технологічно простий;
- деяку складність представляє лише дозування сполучних матеріалів та їх змішування з матеріалом, що брикетується;
- зберігаються властивості кожного компонента шихти для брикетування;
- брикетування є екологічно чистим способом окускування.

Огляд сучасних видів брикет-пресів для пресування сталевोї, чавунної, мідної, алюмінієвої, латунної, титанової стружки та всіх типів металобрухту показав на найбільш поширені:

- брикет-прес для металеві стружки типу Y83-315 (Китай) (рис. 1);
 - гідравлічний брикет-прес типу ENERPAT BM-160 (рис. 2);
 - прес-підбирач металобрухту типу N-SERIES NTB (рис. 3);
 - брикет-прес типу LINDEMANN EtaBriq (рис. 4);
 - брикет-прес типу RUF 11-22 (Німеччина) (рис. 5);
 - гідравлічний брикет-прес типу Y83-630 (Китай) (рис. 6);
 - гідравлічний брикет-прес типу ENERPAT SMB-F250B (Великобританія) (рис. 7);
 - гідравлічний прес-пакувальник серії TITAN Y81 (Китай) (рис. 8).
- Найбільші з валкових брикетних пресів мають діаметр валків 1400 мм,

ширину валків до 1500 мм, окружну швидкість валків до 1 м/с, частоту обертання від 4 об./хв. до 40 об./хв., продуктивність до 200 т/год. при обсязі брикету 200 см³ та його щільності 2,5 т/м³.

Міцність брикетів залежить від міцності зв'язків між частинками оксидів і обумовлена деформацією і ущільненням їх при брикетуванні. Найміцніші брикети виходять при підвищеному вмісті дрібниці або різноманітному фракційному складі початкового матеріалу, з руд (концентратів) багатших залізом, рівномірному розподілі відновлених оксидів заліза в матеріалі відновленні оксидів до вюститів, ступені відновлення 50% [11, 12].



Рисунок 1 – Брикет-прес для металевої стружки типу Y83-315 [3]



Рисунок 2 – Гідравлічний брикет-прес типу ENERPAT BM-160 [4]

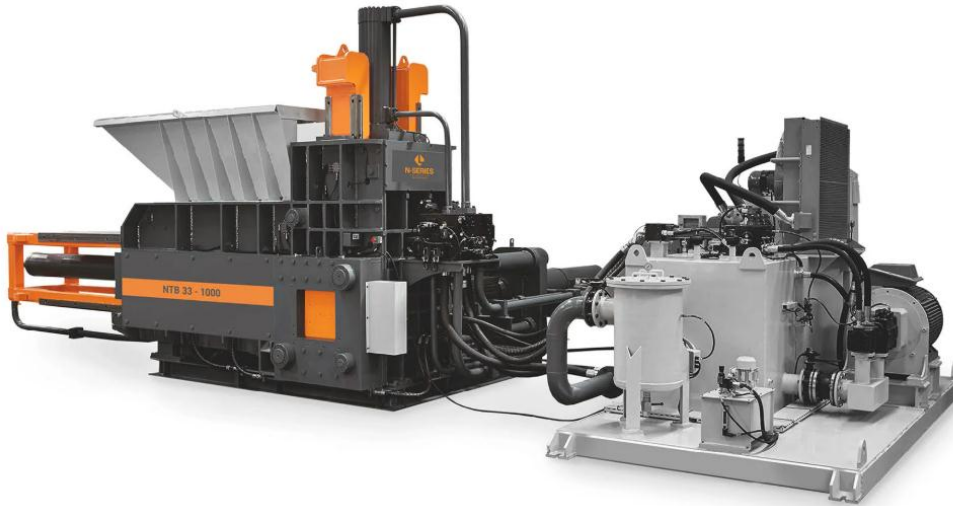


Рисунок 3 – Прес-підбирач металобрухту типу N-SERIES NTB [5]



Рисунок 4 – Брикет-прес типу LINDEMANN EtaBriq [6]



Рисунок 5 – Брикет-прес типу RUF 11-22 та процес пресування[7]



Рисунок 6 – Гідравлічний брикет-прес типу Y83-630 [8]



Рисунок 7 – Гідравлічний брикет-прес типу ENERPAT SMB-F250B [9]



Рисунок 8 – Гідравлічний прес-пакувальник серії TITAN Y81 та готовий брикет [10]

Висновки

Гідравлічні преса є найбільш поширеними в Європі, працюють з різними видами матеріалів, переробляють великі маси відходів дуже швидко та виготовляють брикети високої якості. В металургійній галузі поширення набули брикет-преси для пресування сталевих, чавунних, мідних, алюмінієвих, латунних, титанових стружки та всіх типів металообробки.

Посилання

1. Укрметалургпром: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrmetprom.org/>
2. Як відбувається процес брикетування і які переваги він має порівняно з іншими методами переробки відходів? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.0312.ua/list/411944>
3. Прес для металевих стружки Y83-315: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://presslom.com.ua/ua/p48299411-press-dlya-metallicheskoj.html>
4. Прес гідравлічний для брикетування ENERPAT BM-160: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://presslom.com.ua/ua/p16032261-press-gidravlicheskiy-dlya.html>
5. N-SERIES NTB Scrap Metal Baler. Robust, reliable and efficient triple-acting baler: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lindemann-metalrecycling.com/en/machinery/metal-balers/n-series-ntb-scrap-metal-baler>
6. LINDEMANN EtaBriq Metal Briquetter: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lindemann-metalrecycling.com/en/machinery/metal-briquetters/lindemann-etabriq-metal-briquetter#data>
7. Прес RUF 11-22: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rmpbio.ua/katalog/briketuvannya/g%D1%96dravl%D1%96chn%D1%96-presi/ruf-11-22>
8. Прес для брикетування залізної стружки 630 тонн: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://presslom.com.ua/ua/p990370089-press-dlya-briketirovaniya.html>
9. Прес для перероблення металолома ENERPAT SMB-F250B: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://presslom.com.ua/ua/p15990278-press-dlya-pererabotki.html>
10. Машина для пресування міді: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.dhbaler.com/baler/metal-baler/copper-baler-machine.html>
11. Валковий прес: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://lts.net.ua/ukr/valkovyjj_press.html
12. Воденнікова О.С. Вплив витрати матеріалу на характеристики міцності брикетів з нікельвмісного пилу [Текст] / О.С. Воденнікова, Л.В. Воденнікова, В.В. Горобець // Věda a technologie: krok do budoucnosti – 2017: Materiály XIII Mezinárodní vědecko-praktická konference (22–28 února 2017). – Praha. – 2017. – Volume 8. – pp. 3–5.

ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДІВ КАЛЬЦІЮ І КРЕМНІЮ ВУГЛЕЦЕМ В ПРИСУТНОСТІ ЗАЛІЗА ПРИ ВИПЛАВЦІ ФЕРОСИЛІКОКАЛЬЦІЮ

Доц., канд. техн. наук І.Й. Водін, ст. викладач В.І. Гуцалова

Нікопольський факультет (НФ) УДУНТ

Кафедра теорії, технології та автоматизації металургійних процесів НФ УДУНТ

Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)

ННІ Дніпровський металургійний інститут (ДМетІ)

м. Дніпро, Україна

Вступ

При виплавці силікокальцію з карбіду кальцію і кремнезему можливий процес утворення шлаку, який ускладнює перебіг відновних реакцій і погіршує техніко-економічні показники виробництва.

Викладення основного матеріалу

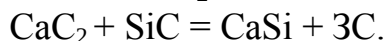
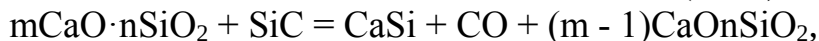
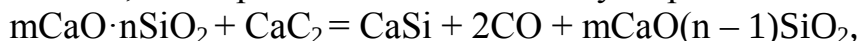
Дослідження високотемпературних фазових перетворень матеріалів (кварцовий пісок, вапняк, залізорудний концентрат і газове вугілля, а в якості зв'язуючого - сульфід-спиртову барду). Ці компоненти були збрикетовані на лабораторному пресі під тиском 100-500 кгс / см². Дослідження показало, що компоненти шихти повністю спікаються. При цьому з'являється карбід кремнію і скло складного складу. Силікати кальцію присутні в склі у вигляді окремих прожилок.[1,3]

При 1973 К збільшується кількість карбіду кремнію і двухальцієвого силікату. З'являється карбід кальцію.

При підвищенні температури до 2073 К в продуктах, крім зазначених карбідів і силікатної фази, з'являються корольки карбіду заліза, моно- і дісиліцида кальцію.

Зі збільшенням температури до 2173 К карбід кремнію переходить в α -модифікацію, знижується вміст силікатів і підвищується частка корольків металу.[2]

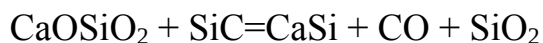
Вважається, що корольки силікокальція утворюються за схемами:



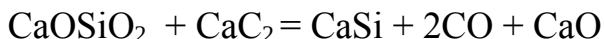
При цьому відновна здатність карбіду кремнію і кальцію по відношенню до розплаву $\text{SiO}_2 : \text{CaO} = 1 : 0,33$ при температурах 1873 і 1973 К однозначна. При 1873 К спад маси суміші з карбідом кремнію протягом години відповідала 23%, а з карбідом кальцію-20%.

При температурі 1973 К спад маси шихти з карбідом кальцію склала 47%, а з карбідом кремнію - 43%.

При поясненні цього факту вони вказують на близькість значень зміни вільної енергії при температурах 1873- 1973 К при $m = n = 1$. Однак використання рівнянь з [3] для реакції



дає $\Delta G_{1873\text{K}} = 603,86$ кДж/моль и $\Delta G_{1973\text{K}} = 582,98$ кДж/моль, а для реакції



отримаємо $\Delta G_{1873\text{K}} = 208,343$ кДж/моль и $\Delta G_{1973\text{K}} = 173,775$ кДж/моль.

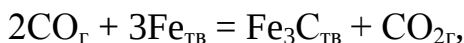
Як видно, для тієї та іншої реакції величини вільної енергії значно більше нуля і істотно розрізняються між собою. Незважаючи на деяку перевагу карбіду кальцію як відновника в порівнянні з карбідом кремнію процес малоймовірний. Так, при 1973 К для цієї реакції $P_{\text{CO}} = 4,98 \cdot 10^{-3}$ ат. Ще нижче тиск моноокси вуглецю при 1973 К для руйнування карборунда, воно дорівнює $3,5 \cdot 10^{-16}$ ат.

Що ж стосується взаємодії карбідів, то при 1973 К константа рівноваги дорівнює $5,55 \cdot 10^{-1}$. Навряд чи велика роль цієї реакції при отриманні силіциду кальцію, якщо врахувати присутність навколо них силікатної фази. При дослідженні металевої фази, що утворюється при спільному відновленні оксидів кальцію і кремнію вуглецем в присутності заліза, було встановлено, що при порівняно низьких температурах в верхніх горизонтах відбувається коксування заліза. [3] При цьому йде реакція



для якої $\Delta G_{\text{T}}^{\circ} = 26\,711 - 24,78\,T$, Дж/моль.

Оскільки $\Delta G_{\text{T}}^{\circ} < 0$ тільки при температурі вище 1078 К і вихідні продукти знаходяться в твердому стані (можливі кінетичні утруднення), то ця реакція навряд чи має істотне значення при низьких температурах. Більш вірогідною є реакція науглецевування



для якої $\Delta G_{\text{T}}^{\circ} = -144\,110 + 149,8\,T$, Дж / моль.

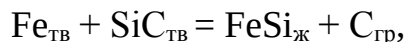
Металеве залізо адсорбує молекули моноокси вуглецю, сильно їх деформує, зменшує зв'язок атомів кисню з вуглецем і цим сприяє течію реакції.

При розпаді монооксиду заліза в інтервалі 623-773 К, метал рівномірно розподіляється, з відкладенням вуглецю, в основному в формі цементиту. Розпад відбувається з вимірними швидкостями при 473-1273 К. Вище 1273 К реакція йде справа наліво [3,4].

Розвиток низькотемпературних взаємодій здійснюється автокаталітично. При цьому основна кількість СО розпадається з утворенням карбідів, в той час як виділення сажі виявляється лише після різкого гальмування карбідоутворення. Швидкість процесу розпаду прямо

пропорційна першому ступеню тиску монооксиду вуглецю, а реакція має перший порядок, якщо тиск не вище 6 ат.

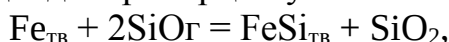
При опусканні шихти в ній досить швидко зменшується вміст вільного заліза, але збільшується кількість силіциду. Йде первинне силіцирування заліза по реакції



для якої $\Delta G^{\circ}_{\text{T}} = 41480 - 38,1 \text{ T}$, Дж / моль, а $K_p > 1$ при температурі 1088 К.

Однак такий шлях утворення моносиліцида заліза не можна вважати основним і єдиним. Відомо, що в процесі плавки утворюється монооксид кремнію, яка піднімається разом з газами, що відходять в більш холодні зони печі, омиваючи частки шихти. [3,4]

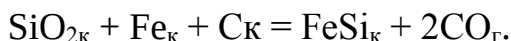
Тому можлива реакція диспропорціонування моноокси кремнію



для неї $\Delta G^{\circ}_{\text{T}} = - 654\,905 + 297,57\text{T}$, Дж / моль.

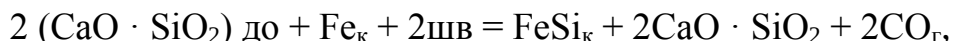
Для силіціювання заліза при температурі 1673 К достатньо мати парціальний тиск монооксиду кремнію вище $3 \cdot 10^{-3}$ ат.

У присутності заліза кремнезем відновлюється за сумарною реакції



оскільки $\Delta G^{\circ}_{\text{T}} = 571406 - 347,77\text{T}$, Дж / моль, то $P_{\text{CO}} > 1$ ат при температурі вище 1643 К.

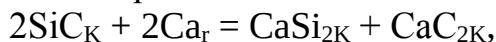
Слід враховувати і реакцію



для якої $\Delta G^{\circ}_{\text{T}} = 593\,560 - 355,05\text{T}$, Дж / моль, а P_{CO} більше 1 ат при температурі вище 1670 К.

Утворення дісиліцида кальцію починається тоді, коли зміст силіциду заліза стабілізується [2,3].

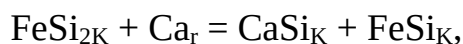
В вуглецевотермічному процесі утворення силіциду і карбіду кальцію можливо при температурах нижче 1500 К в результаті контакту парів кальцію з карбідом кремнію, наприклад по реакції



для якої $\Delta G^{\circ}_{\text{T}} = - 134\,814 - 26,08 \text{ T}$, Дж / моль,

і досить мати тиск парів кальцію вище $8 \cdot 10^{-4}$ ат в інтервалі температур 800-1500 К.

Пари кальцію можуть бути захоплені силіцидом заліза по реакції



для якої $\Delta G^{\circ}_{\text{T}} = - 78\,108 - 31,72\text{T}$, Дж / моль.

Щоб в інтервалі температур 1700-1900 К реакція протікала вправо, парціальний тиск кальцію повинен бути більше $3,2 \cdot 10^{-1}$ ат. [2,3]

Висновки

1. Залізо сприяє утворенню кремністого сплаву і підвищує частку силікотермічним відновленням кальцію.
2. Введення заліза слід вважати корисним ще й тому, що отримується силікокальцій, який важче шлаку. Це покращує розподіл розплавів в печі і після випуску. Для здійснення процесу в оптимальних умовах ставлення заліза до вапна в шихті має бути в межах 0,6-2,9 [2,3].

Посилання

1. Фізико-хімія і технологія електроферосплавів: Підручник для вузів /Гасик М.І., Лякішев М.П.-Дніпропетровськ: ДНВП «Системні технології», 2009р. - 454 с.
2. Гасик М.И., Зубов В.Л., Овчарук А.Н. Физикохимия и технология получения ферросилиция со щелочноземельными металлами. – Днепропетровск: ГНПП «Системные технологии», 2001. – 60 с.
3. Жучков В.І., Лукін С.В. Технологія феросплавів з лужноземельними металами. - М.: Металургія, 1990. - 103с.
4. Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1988. – 784 с.

ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ ТА СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ МЕТАЛІВ ВІД КОРОЗІЇ

*Ст. викладач В.І. Гуцалова, канд. техн. наук І.Й. Водін,
здобувач в. о. О.В. Брикнер*

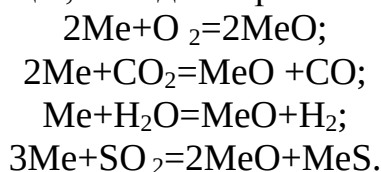
Нікопольський факультет (НФ) УДУНТ
Кафедра теорії, технології та автоматизації металургійних процесів НФ УДУНТ
Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
ННІ Дніпровський металургійний інститут (ДМетІ)
м. Дніпро, Україна

Швидкість і характер процесу хімічної корозії металів залежать від багатьох факторів. Зовнішніми називають фактори, які пов'язані зі складом корозійного середовища та умовами корозії. В першу чергу це температура, тиск і склад газового середовища тощо. Внутрішніми називають фактори, які пов'язані зі складом і структурою сплаву, внутрішніми напруженнями в металі, характером обробки поверхні.

Температура істотно впливає на швидкість процесів хімічної корозії металів. З підвищенням температури процеси окислення металів відбуваються значно швидше, попри зменшення їхньої термодинамічної ймовірності. Характер впливу температури на швидкість окислення металів

визначається температурною залежністю константи швидкості хімічної реакції k (коли процес окислення металів контролюється кінетично) або коефіцієнта дифузії (коли процес контролюється дифузійно). Встановлено, що константа хімічної реакції та коефіцієнт дифузії зростають експоненціально залежно від температури. Тому можна очікувати, що швидкість окислення матиме так само експоненціальну залежність від температури.

Склад газового середовища теж сильно впливає на швидкість окислення металів. Цей вплив є специфічним для різних матеріалів і змінюється з температурою. Метали за високих температур можуть взаємодіяти з киснем, парами води, оксидом вуглецю, оксидом сірки за схемою:



Константа швидкості цих хімічних реакцій і захисні властивості плівок, які при цьому утворюються, є різними, тому в указаних середовищах відрізняються і швидкості окислення металів.

Вплив тиску газового середовища. При зниженні парціального тиску окислювального компонента нижче тиску дисоціації сполуки, що утворюється, метал стає термодинамічно стійким і його окислення припиняється. Якщо швидкість окислення металу визначається швидкістю поверхневої реакції (як це має місце, наприклад, при взаємодії Ni з газоподібною сіркою S_2 в реакції $\text{Ni} + 1/2\text{S}_2 = \text{NiS}$), тоді швидкість окислення є пропорційною до кореня квадратного з величини тиску газу. Таку закономірність спостерігають, якщо газ діє на поверхню металу, яка не має захисної плівки. Якщо швидкість реакції взаємодії металу з газовою фазою визначається швидкістю процесу дифузії в шарі продукту корозії, що утворюється, то чіткої залежності швидкості окислення від тиску газу, що окислюється, не спостерігають. Великий вплив на швидкість окислення металів чинить парціальний тиск кисню. При окисленні низки металів за високої температури з підвищенням парціального тиску кисню швидкість окислення спочатку зростає, а потім при досягненні деякого критичного значення – різко зменшується і в широкому діапазоні тисків лишається достатньо низькою [6].

Для поліпшення експлуатаційних властивостей виробів необхідно додатково захистити метал від корозії. Сучасні технології обробки спрямовані на припинення розвитку цих процесів, збереження і підтримання працездатності сталевих елементів протягом тривалого періоду, тобто збільшення терміну служби до 50 і більше років. Серед них розрізняють активний та пасивний захист металу.

Активний захист металу. Мається на увазі обробка поверхні для надання їй певних хімічних характеристик. Існує кілька різновидів покриття на основі цинку. По-перше – це гаряче цинкування. Перед обробкою виріб потрібно ретельно підготувати: очистити від оксидів, обробити піскоструєм.

Після цього заготовку містять в ємність з розплавленим цинком. У процесі обертання формується захисний шар, який добре протистоїть корозії. Другий варіант – це гальванічне цинкування. Даний спосіб вважається найбільш трудомістким. На першому етапі конструкцію потрібно помістити в ванну з електролітом. На виріб і заготовку з цинку кріпиться окремий кабель, який підключається до постійного струму. В процесі дифузії іони цинку змінюють дислокацію і осідають на металокопструкції. В результаті реакції на поверхні утворюється тонкий шар цинку, пов'язаний з металом на молекулярному рівні. Цей спосіб забезпечує антикорозійний захист практично на необмежений час. Існує ще один варіант – термодифузійне цинкування. Цей процес відрізняється складністю, але гарантує копструкції надійний захист. Спочатку заготовка нагрівається в печі (від +290 до +450 °C), потім вона піддається обробці цинковим пилом, молекули якої розплавляються і безперешкодно проникають в метал. В результаті вона просто покривається захисною плівкою. Фактично виготовлення металокопструкцій відбувається із застосуванням нового сплаву, здатного необмежений час протистояти корозії і іншим агресивним середовищам - вогню, морській воді тощо. Для застосування цього способу необхідне спеціальне обладнання [4].

Пасивний антикорозійний захист металовиробів. Суть методу полягає в покритті сталевих елементів лакофарбовим складом. Ще 10 років тому цей спосіб дозволяв лише тимчасово захистити елементи від впливу зовнішніх факторів і обробка об'ємних копструкцій представляла собою занадто трудомістке завдання. В даний час з'явилися нові хімічні склади, які успішно запобігають появі іржі на металевій поверхні. Щоб лакофарбове покриття прослужило максимально довго, необхідно попередньо очистити робочу основу від оксидної плівки. Потім наноситься ґрунтовка, після цього – фарба, яка надійно захищає поверхню незалежно від погодних умов. Захист металевих виробів від корозії шляхом фарбування широко поширений. Однак насправді лакофарбові покриття не в змозі захищати металокопструкції протягом тривалого часу. У будь-якому випадку знадобиться проведення ремонтів з метою відновлення покриття. А це додаткові витрати, крім того, іноді сам ремонт пов'язаний із технічними складнощами.

Набагато більш ефективними та надійними є комбіновані покриття, які складаються з двох шарів – напиленого металевого та лакофарбового. У разі, якщо верхній шар фарби пошкоджується, металевий шар перебирає функції ізолюючого покриття. Якщо пошкоджені обидва шари, то напилений метал грає роль катодного захисту і, таким чином, запобігає корозії виробу. Результат захисту виробів у вигляді нанесення металевих покриттів досить високий. Якщо просте фарбування гарантує захист на 3-5 років, то оцинкована поверхня, яка потім була пофарбована та захищена від корозійних процесів – на 30-50 років.

Існує ще один ефективний спосіб захисту матеріалів від корозії за допомогою біметалів. При цьому підприємства використовують запатентовані формули та методи виготовлення сировини та продукції.

Можливе не тільки нанесення захисних шарів на конструкції, які вже є, але й виготовлення нових, з удосконалених матеріалів. Це унікальні біметалічні листи SWIP, так звані також «бронелист» або «бронеплита», та вироби з них [5]. Переваги цього матеріалу очевидні: біметал захищає обладнання від корозії та будь-якого виду зносу; процес монтажу біметалічних листів простий та швидкий; збільшується термін служби та продуктивність обладнання; відсутні тривалі простої виробництва; відпадає необхідність оновлення обладнання; зменшуються витрати на ремонт та реконструкцію. Правильно підібраний склад біметалу дозволяє назвати використання біметалів одним із основних методів захисту від корозії, а також надійним і довговічним.

Висновки

1. Методи захисту металів від корозії, що застосовуються в даний час, допомагають запобігти руйнуванням, до яких призводить контакт з зовнішнім середовищем.
2. Існують різноманітні способи захисту від корозії. Правильний вибір способу захисту металоконструкції не тільки запобігає утворенню корозії, але і дозволяє поліпшити технічні характеристики виробів.

Посилання

1. Бондар В. І. Корозія та захист матеріалів: навчальний посібник для студентів металургійних спеціальностей / В. І. Бондар. – Маріуполь : ПГТУ, 2009. – 126 с.
2. Захист металів від корозії : веб-сайт. URL: <https://metallizator.com.ua/zashhyta-metallov-ot-korrozyi/>
3. Савенко В. І., Висоцька Л. М., Федоренко С. В. Боротьба з корозією металів екологічно чистими засобами // Економіка та держава. – 2018. – №10. – С. 63-68.
4. Способи захисту металоконструкцій від корозії. Корпорація промстан : веб-сайт. URL: <https://www.promstan.com.ua/ua/articles/sposoby-zaschity-metallokonstruktsij-ot-korrozii>
5. Сучасні методи захисту металів від корозії : веб-сайт. URL: <https://steel-work.net/ua/articles/sovremennye-metody-zashhity-metallov-o/>
6. Хімічна корозія та захист металів: навчальний посібник / [П. І. Стоєв, С. В. Литовченко, І. О. Гірка, В. Т. Грицина]. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 216 с.

ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРУДЕРА ДЛЯ 3D-ДРУКУ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ З ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬ

Аспірант І.О. Даниленко¹, канд. техн. наук, доц. П.І. Несеоря²
Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
ННІ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури"
м. Дніпро

[1danylenko.ihor@pdaba.edu.ua](mailto:danylenko.ihor@pdaba.edu.ua); [2nesevrya.pavlo@pdaba.edu.ua](mailto:nesevrya.pavlo@pdaba.edu.ua)

Постановка проблеми. Внаслідок воєнних дій, велика кількість будівельних об'єктів зруйнована або пошкоджена. У ході війни окупанти пошкодили велику кількість будівельних об'єктів [1]. Постає питання відновлення пошкоджених будівельних об'єктів. Практика показує, що наявні засоби механізації, не у повній мірі відповідають вимогам виконання відновлювальних робіт. Більшість будівельної техніки потребує покращення конструкції для більш ефективного використання.

Використання екскаваторів-руйнівників обмежене демонтажними роботами. Орієнтуючись на запити сьогодення, цей вид техніки потребує розширення використання, у тому числі, використання при відновленні будівельних об'єктів.

Мета роботи. Розширення спектру робіт, що може виконувати екскаватор-руйнівник, впровадження екскаватора-руйнівника у процес відновлення будівельних об'єктів, шляхом обладнання базової машини обладнанням для лиття будівельної суміші за технологією будівельного 3D-друку.

Основна частина. За базову машину був взят екскаватор-руйнівник. Була спроектована 3D-модель стріли, рукояті, вставки базової машини (рис.1, а) та екструдера для лиття будівельних сумішей за технологією будівельного 3D-друку (рис.1, б). Екструдер встановлений за допомогою швидкоз'єму, що дозволяє швидко змінювати робоче обладнання [2]

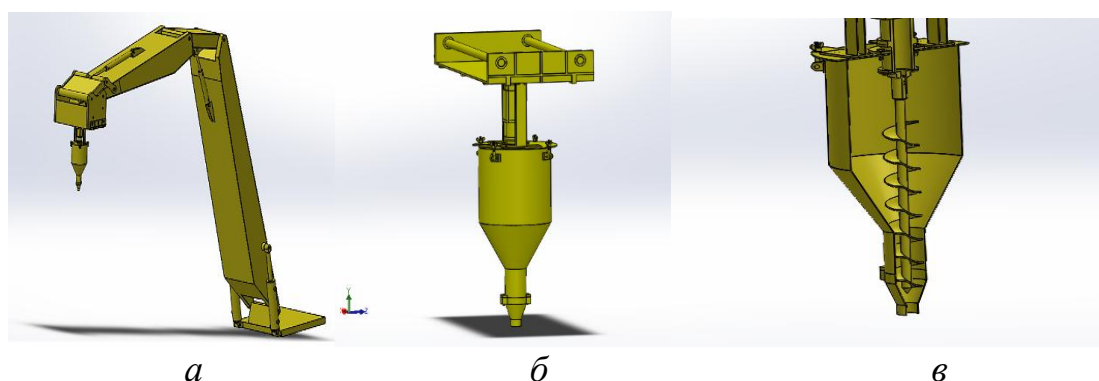


Рис. 1. 3D-модель робочого обладнання екскаватора-руйнівника з встановленим на ньому витратним бункером для лиття будівельної суміші:

а - витратний бункер встановлений на екскаватор-руйнівник; б - витратний бункер;
в - витратний бункер у розрізі

Екструдер обладнаний шнеком, який приводиться у обертання гідромотором, що встановлений на екструдері і живиться від додаткової гідролінії екскаватора-руйнівника. Шнек дозволить лити будівельну суміш примусово (рис.1, в).

Висновки. Застосуванням у якості робочого обладнання для будівельного 3D-друку, встановленого на екскаваторі-руйнівнику, дозволить застосовувати цю машину для лиття будівельних суміші, друку будівельних елементів, при відновленні будівельних об'єктів, що у свою чергу пришвидшить виконання відновлювальних робіт та розширить сферу використання даної машини.

Посилання

1. Сайт «plan4ua»: Руйнування внаслідок війни.: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://plan4ua.com/uk/articles/war-damages-ukraine>
2. Даниленко І.О. (2023). «Дослідження та розробка обладнання перенавантажувача для відновлення будівель» (Дипломна робота, «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»)

ЗМІНА ГЛИБИНИ ЗАТЯГУВАННЯ ШЛАКУ У КОВШОВУ ВАННУ ПРИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ

*Аспірант Д.В. Єськов, проф., докт. техн. наук Є.М. Сігарьов,
доц., канд. техн. наук Г.Ю. Крячко, доц., канд. техн. наук А.А. Похвалітий,
доц., канд. техн. наук М.Р. Руденко*

***Дніпровський державний технічний університет
м. Кам'янське, Україна***

Фізико-хімічний стан ковшового шлаку в цілому визначає хід та забезпечення кінцевих результатів десульфурації чавуну на установках десульфурації (УДЧ) перед сталеплавильною переробкою. Основні вимоги до ковшових шлаків, що сформовані по ходу вдування реагентів-десульфураторів вглиб ванни наступні: спроможність акумулювати й утримувати S у вигляді сульфідів, забезпечення масоперенесення утворених з'єднань (MgS, CaS) через границю шлак-метал та мінімізація втрат чавуну з корольками при скачуванні шлаку після обробки.

При використанні коінжекційної технології десульфурації чавуну на УДЧ вдуванням суміші порошкоподібного вапна та диспергованого магнію кінцевий шлак зазвичай складається із залишків доменного (обсягом зазвичай від 400 до 2500 кг) або міксерного шлаку (200-1500 кг) та продуктів реакцій домішок чавуну з введеними реагентами-десульфураторами. Утворення нових з'єднань призводить до перманентних змін хімічного складу шлаку, його обсягу та властивостей (температури плавлення, в'язкості, текучості, поверхневого натягу тощо).

У незалежності від міста відбору проб за висотою шару ковшового шлаку, в останніх міститься $> 25\%$ корольків чавуну різних фракцій. За оцінками різних дослідників [1, 2] при наявності перед десульфурацією на поверхні ванни міксерного або доменного шлаку, маса ковшового шлаку по ходу вдування реагентів подвоюється, що призводить до сумарних втрат чавуну з корольками під час обов'язкового видалення шлаку після десульфурації у межах від 1 до 11 кг/т чавуну.

Кінцевий вміст корольків чавуну (і відповідно втрат металу) у ковшовому шлаку залежить від ряду параметрів: потужності перемішування, дисипації енергії струменів газу-носію та ступеня турбулізації ванни; товщини покривного шару, фізико-хімічного стану, в'язкості останнього та глибини затягування шлаку з границі «шлак-метал» до металевої ванни.

Потрапляння крапель чавуну до шлаку, за одним з можливих механізмів втрат заліза [3], забезпечується у тому числі і за рахунок їх захоплення шлаком, що затягується циркуляційними потоками до верхніх шарів металевої ванни. При цьому, винесені у шлак краплі чавуну за певних умов зливаються та, при досягненні критичного розміру коли дія сили тяжіння стає більше сил поверхневого натягу, осідають у нижні шари шлаку до границі з металом, а за умов достатньої витримки металу у ковші перед скачуванням – повертаються до металевої ванни.

З метою дослідження особливостей затягування покривного шлаку до об'єму металу з міжфазової границі, авторами даної доповіді проведена серія ізотермічних експериментів на моделі 230-т заливального ковшу ПрАТ «КАмет-Сталь». У якості моделі чавуну використовували воду ($t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$), газу для вдування в ванну реагентів – стиснене повітря (тиск 5,5 атм). У якості моделі ковшового шару використовували моторні масла різної в'язкості. Модельні фурми зі змінними наконечниками занурювали в рідку ванну глибиною 270-280 мм та шаром шлаку товщиною від 4-6 до 25-30 мм. Для моделювання продувки ванни використовували заглибну фурму з Т-подібним наконечником (з циліндровими соплами діаметром 0,001 мм). Швидкість обертання заглибної фурми навколо вертикальної осі змінювали в межах від 0 до 120 об/хв. Реалізований повний факторний експеримент. До основних факторів впливу віднесені: швидкість обертання заглибної фурми ($X_1(n)$, об/хв.), товщина шлаку ($X_2(\delta)$, мм), витрата газу-носію ($X_3(Q)$, л/хв.).

У ході експериментів змінювали умови вдування газу відповідно до умов промислової обробки чавуну. Враховано зміну умов перемішування ванни при закупорюванні [4, 5] одного із сопел Т-подібного наконечника фурми.

Встановлений неоднозначний характер впливу як конструкції наконечника фурми, питомих витрат газу, що вдувають крізь сопла наконечника, так і товщини шлаку на глибину його затягування (проникання) вглиб металевої ванни. Із підвищенням швидкості обертання фурми газонасиченість ванни зменшується (з переходом до «канального» режиму та обмеженням розмірів барботажної зони). Це впливає як на дисипацію енергії,

так і на процеси, які супроводжують продування ванни газом. Подрібнення газових пазирів у ванні відбувається як в ламінарному, так і в турбулентному потоці за рахунок взаємодії між суцільною та дисперсною фазами. Для врахування впливу обертання заглибної фурми необхідним є визначення кількості дисипованої енергії газового струменя [6], яка залежить від довжини струменя та швидкості обертання фурми. Як встановлено, при використанні фурми з Т-подібним наконечником, довжина струменів зменшується відповідно підвищенню швидкості обертання фурми з 0,22 м (при 0,5 об/сек) до 0,12 м (при 1,5 об/сек). Кількість дисипованої енергії струменя пропорційна розмірам барботаژної зони та зростає із підвищенням швидкості обертання фурми.

Різноманітний характер впливу як кількості роботоспроможних сопел фурми, витрат газу на продування ванни, так і товщини шлаку на глибину затягування останнього до ванни представлений на рис. 1. Закупорювання одного із сопел Т-подібного наконечника фурми призводить до суттєвих порушень симетричності гідродинаміки ковшової ванни [4], підвищується небезпека руйнування з'єднувальних шлангів, знижується продуктивність установки десульфурації та т. ін.

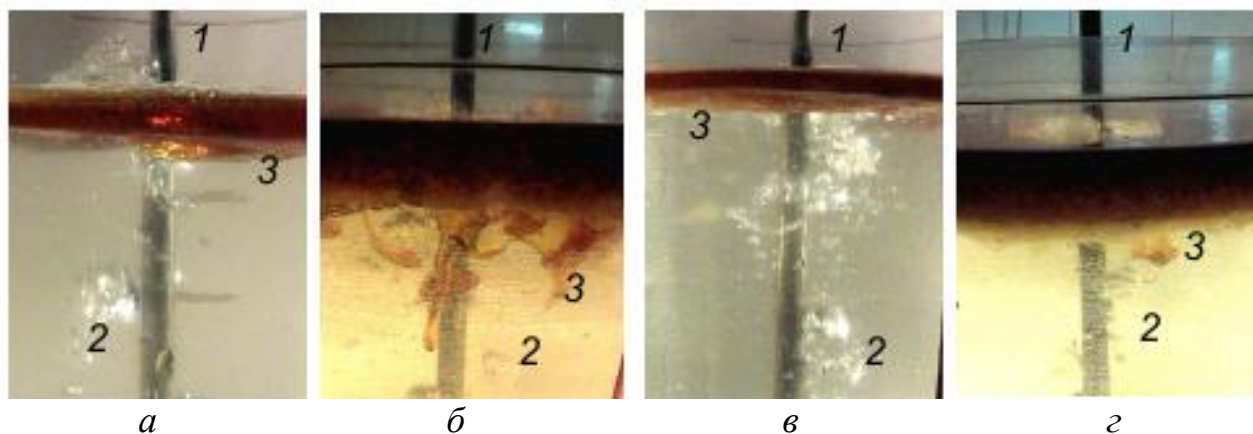


Рис. 1. Картина затягування «шлаку» до рідкої ванни при вдуванні газу з витратою 2,2 л/хв. крізь сопла заглибної фурми з одним закупореним соплом Т-подібного наконечника в умовах, описаних у [5]:

а, б – нерухома фурма; *в, з* – обертова (120 об/хв); *а, в* – висота шару «шлаку» 6 мм; *б, з* – 30 мм відповідно; 1 – фурма; 2 – газові пазирі; 3 – шлак

За результатами обробки отриманих даних запропоновані математичні моделі, які придатні для визначення впливу досліджених факторів на глибину затягування «шлаку» до ванни ($Y_{\text{шл}}$, см). Так, для умов використання Т-подібного наконечника заглибної фурми з одним закупореним соплом відповідні моделі мають вигляд:

для швидкості обертання фурми 10-90 об/хв.

$$Y_{\text{шл}} = -0,28 + 0,0215 \cdot n + 0,407 \cdot \delta + 0,4802 \cdot Q - 0,0082 \cdot n \cdot \delta - 0,0004 \cdot n \cdot Q + 0,5891 \cdot \delta \cdot Q + 0,00075 \cdot n \cdot \delta \cdot Q$$

для швидкості обертання фурми 90-120 об/хв.

$$Y_{\text{шл}} = -0,28 + 0,0024 \cdot n + 0,4068 \cdot \delta + 0,4806 \cdot Q + 0,0021 \cdot n \cdot \delta - 0,0023 \cdot n \cdot Q + 0,589 \cdot \delta \cdot Q - 0,0032 \cdot n \cdot \delta \cdot Q$$

За умов сталої товщини шару шлаку і витрат газу при швидкості обертання фурми 90 об/хв. показник $Y_{\text{шл}}$ майже у два рази менший ніж для стаціонарної фурми. Приклад моделювання впливу витрат газу і товщини ковшового шлаку на глибину затигування шлаку до металевої ванни наведено на рис. 2.

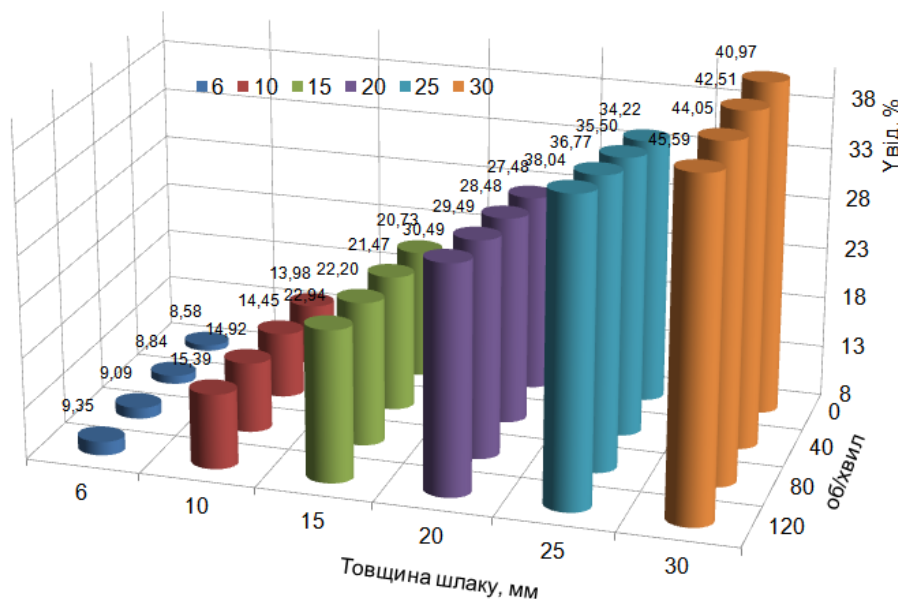


Рис. 2. Вплив швидкості обертання заглибної фурми з одним закупореним соплом Т-подібного наконечника у діапазоні 20-120 об/хв та товщини шару шлакового покриття на глибину затигування шлаку (відн., %) до рідкої ванни. Витрата газу на продувку ванни – 1,6 л/хв.

Встановлено, що максимальна глибина затигування шлаку у ванну (у досліджених діапазонах витрат газу), спостерігається при використанні стаціонарної фурми і максимальній товщині покривного шлаку.

Для попередження закупорювання сопла Т-подібного наконечника може бути рекомендовано підвищення витрат газу-носія на 90-120% від робочих значень у початковий та кінцевий періоди обробки чавуну.

Посилання

1. Новый комплекс особо глубокой десульфурации чугуна в большегрузных заливочных ковшах. В. И. Большаков. А. Ф. Шевченко, А. М. Башмаков [и др.]. *Металлург*. 2010. № 11. С. 34-37.
2. Сігарьов Є.М., Недбайло М.М., Кривцун І.В. Напрямки удосконалення ковшової десульфуратії чавуну. *Збірник наукових праць Дніпродзержинського технічного університету: (технічні науки)*. Дніпродзержинськ: ДДТУ, вип. 2(29). 2016. С. 3-9.

3. Сігарьов Є.М., Єськов Д.В., Похвалітий А.А., Манукян Т.А. Розподіл металевих крапель між газовою та шлаковою фазами при продуванні ковшової ванни. *Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки)*. Кам'янське: ДДТУ, вип. 2(41). 2022. С. 9-18. doi.org/10.31319/2519-2884.41.2022.1.
4. Wenjun Ma, Haibo Li, Jun Zhang, Yang Cui and Liang Sun. Influence of clogging of a T-shaped desulfurization lance on the flow field in a hot metal ladle. *Metall. Res. Technol.* 2019. Vol. 116, No 301, pp. 1-7.
5. Єськов Д.В., Сігарьов Є.М. Параметри вдування реагентів та закупорювання Т-подібних наконечників фурм. *Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки)*. Кам'янське: ДДТУ, вип. 1(44). 2024. С.16-26. doi.org/10.31319/2519-2884.44.2024.2.
6. Сігарьов Є.М., Сігарьов М.К., Кочмола Д.С. Оцінка потужності перемішування у розплаві з обертовою фурмою. *Збірник наукових праць Дніпровського технічного університету: (технічні науки)*. Кам'янське: ДДТУ, вип. 1(30). 2017. С. 9-16.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ЗАКЛИНЮВАННЯ ЧАСТИНОК МАТЕРІАЛУ В ОТВОРАХ СІЯЧОЇ ПОВЕРХНІ ВІБРАЦІЙНОГО ГРОХОТУ

*Проф., докт., техн. наук В. Й. Засельський,
доц., канд. техн. наук Д. В. Пополов*

Державний університет економіки і технологій, м. Кривий Ріг, Україна

Заклинювання частинки в отворі сіячої поверхні відбувається за рахунок сил сухого тертя, які виникають в точках контакту поверхні частинки з крайком отвору сіячої поверхні через дію контактного тиску, який виникає в наслідок пружної деформації частинки, яка викликана її заглибленням в отвір, під дією сили інерції від руху сіячої поверхні та удару по частинці, що заклинюється, шару матеріалу, який підкидається.

Таким чином, значення сили тертя залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу, що розсівається, матеріалу сіячої поверхні, стану поверхні частинки та крайок отвору сіячої поверхні, а також кінетичних і динамічних її характеристик.

При аналізі процесу заклинювання частинки матеріалу, що просівається, в отворах сіячої поверхні були прийняті наступні допущення: кінетична енергія шару матеріалу, що падає, повністю переходить в потенціальну енергію деформації частинки [11]; закон розподілення напружень та деформацій за об'ємом частинки залишається таким же, як при статичній дії сили [1]; деформація виникає миттєво у всіх перетинах частинки

[22]; у момент зіткнення шару матеріалу з сіячою поверхнею шар взаємодіє з нею як непружне тверде тіло [3]; матеріал частинки та сіячої поверхні підкоряється закону Гука, а деформації малі [3]; процес заклинювання є адитивним, а дія від сил інерції та удару матеріалу визначається використовуючи метод суперпозиції.

Процес заклинювання частинки під дією власної сили тяжіння та сили інерції J від переміщення сіячої поверхні, розглядався відповідно до розрахункової схеми, котра наведена на рис. 1.

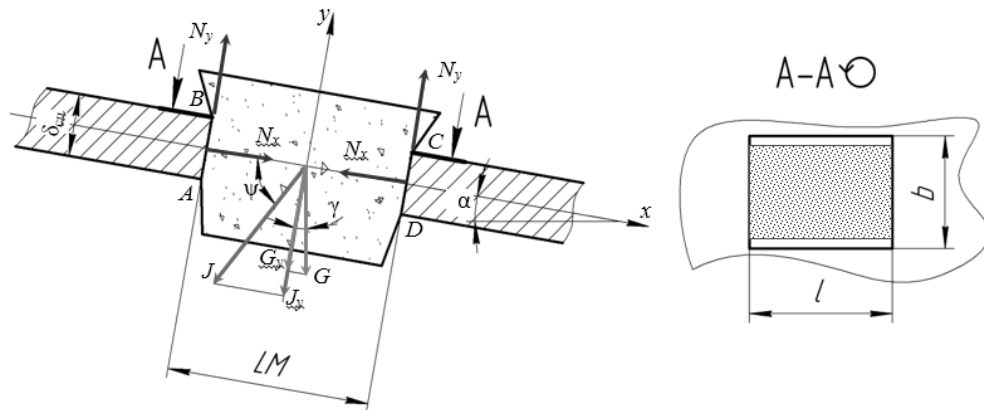


Рисунок 1 – Схема сил, що діють на частинку, яка заклинюється

Був виділений об'ємний елемент частинки, що заклинюється, у вигляді прямокутного паралелепіпеда $ABCD A'B'C'D'$ (див. рис. 2) на ділянці контакту з позвехньою отвору сита. На горизонтальній грані виділеного об'єму діють проекції сил інерції J_y , сили тяжіння G_y ($BB'CC'$), а також реакції опори N_{1y} та N_{2y} ($AA'DD'$) на вісь y .

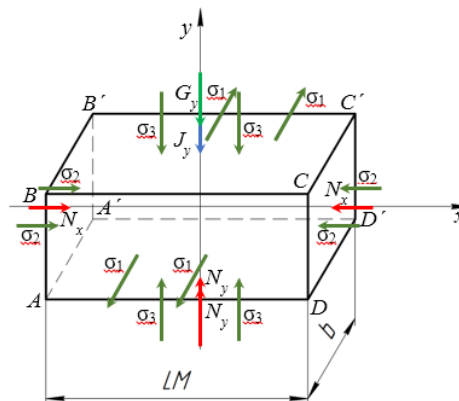


Рисунок 2 – Виділений об'ємний елемент частинки

Проекція реакції опори на вісь x (N_x), виникає в поперечному напрямку ($ABB'A'$ та $CC'D'D'$), є наслідком ефекту Пуассона та утрудненості деформації, тобто, представляє собою вторинний ефект (тиск стінок на частинку), викликаний дією напружень у вертикальному напрямку σ_3 . Враховуючи, що виділений елемент знаходиться в об'ємному напруженому стані, для головних напрямків були ведені позначення, вказані на рис. 2.

Тоді

$$\sigma_1 = 0; \sigma_2 = -\frac{N_{x1}}{b \cdot \delta_{\text{сп}}}; \sigma_3 = -\frac{J_y + G_y}{LM \cdot b}, \quad (1)$$

де $\delta_{\text{сп}}$ – товщина сіячої поверхні; LM та b розмір отвору сіячої поверхні.

На підставі узагальненого закону Гука для об'ємного деформованого стану тіла [4] запишемо вираз головного подовження вздовж вісі – x

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{E} \cdot [\sigma_2 - \mu_{\text{п}} \cdot (\sigma_3 + \sigma_1)], \quad (2)$$

де E – модуль Юнга матеріалу частинки; $\mu_{\text{п}}$ – коефіцієнт Пуассона матеріалу частинки.

Вказані параметри можуть обиратись за [3], де модуль Юнга дорівнює $0,35 \cdot 10^5$ МПа для коксу та $0,3 \cdot 10^5$ МПа для агломерату, а коефіцієнт Пуассона 0,21 та 0,26 відповідно.

Оскільки деформація отвору сіячої поверхні зневажливо мала, було прийнято, що його геометричні розміри залишаються постійними тоді $\varepsilon_2 = 0$, а вираз (2) прийме вид

$$-\frac{N_{x1}}{E \cdot b \cdot \delta_{\text{сп}}} + \frac{\mu_{\text{п}} \cdot (J_y + G_y)}{E \cdot LM \cdot b} = 0. \quad (3)$$

З виразу (3) визначалось значення реакції опори на вісь x

$$N_{x1} = \frac{\mu_{\text{п}} \cdot \delta_{\text{сп}} \cdot m_{\text{ч}} \cdot (a \cdot \sin \psi + g \cos \alpha)}{LM}, \quad (4)$$

де $m_{\text{ч}}$ – маса частинки; a – прискорення пересування частинки разом з сіячою поверхнею; g – прискорення вільного падіння; ψ – кут вібрації; α – кут нахилу сіячої поверхні.

Враховуючи масу частинки вираз (4) прийме вид

$$N_{x1} = \frac{\mu_{\text{п}} \cdot \delta_{\text{сп}} \cdot LM \cdot b \cdot \rho \cdot (a \cdot \sin \psi + g \cos \alpha)}{\cos^3(\arctg f)} \text{ Н.} \quad (5)$$

де ρ – щільність частинки кг/м^3 ; f – коефіцієнт тертя матеріалу

Процес заклинювання частинки під дією удару від падіння шару підкинутого матеріалу розглядався відповідно схеми наведеної на рис. 3.

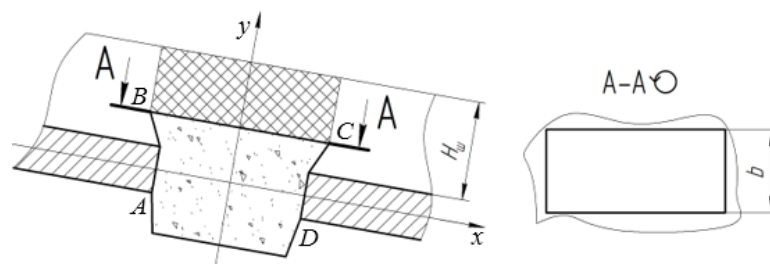


Рисунок 3 – Розрахункова схема по визначенню маси шару, що вдаряє по частинці

Для визначення маси шару, що вдаряє по частинці, виділявся в ньому прямокутний паралелепіпед з основою, сторони котрої дорівнюють BC та b , з висотою, що рівняється висоті шару, який транспортується, $H_{ш}$ (див. рис. 3).

Маса паралелепіпеду дорівнює

$$m_1 = \frac{LM \cdot (1 + \sin(\arctg f))}{\cos^2(\arctg f)} \cdot b \cdot H_{ш} \cdot \rho \text{ кг.} \quad (6)$$

Швидкість паралелепіпеду в момент зіткнення з сіячою поверхнею

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \text{ м/с,} \quad (7)$$

де h – максимальна висота підкидання шару матеріалу, що транспортується, м.

Прийнято, що удар виділеного об'єму шару матеріалу, що транспортується, по частинці, що заклинилась, є центральним абсолютно непружним, тоді втрати кінетичної енергії [5]

$$\Delta E_k = \left(\frac{m_1 \cdot V_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot V_2^2}{2} \right) - \left(\frac{(m_1 + m_2) \cdot V^2}{2} \right) \text{ Дж,} \quad (8)$$

де m_2 – маса сіячої поверхні, кг; V_2 – швидкість сіячої поверхні в момент зіткнення, припустимо, що швидкість має максимальне значення, яке визначається за кінематичною діаграмою руху системи «частинка-сито», м/с; V – швидкість сита та матеріалу після удару:

$$V = \frac{m_1 \cdot V_1 + m_2 \cdot V_2}{m_1 + m_2} \text{ м/с.} \quad (10)$$

Перетворимо () з урахуванням (6), (7)

$$\Delta E_k = \frac{\frac{LM \cdot (1 + \sin(\arctg f))}{\cos^2(\arctg f)} \cdot b \cdot H_{\text{ш}} \cdot \rho \cdot m_2 \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot h} - V_2)^2}{2 \cdot \left(\frac{LM \cdot (1 + \sin(\arctg f))}{\cos^2(\arctg f)} \cdot b \cdot H_{\text{ш}} \cdot \rho + m_2 \right)} \text{ Дж} \quad (11)$$

Припустимо, що втрата кінетичної енергії повністю переходить в потенційну енергію деформації, тоді зовнішня сила, що призводить до деформації частинки, яка заклинюється вздовж вісі y , дорівнює

$$P = \sqrt{\frac{4 \cdot b \cdot \Delta E_k \cdot E}{\text{ctg } \alpha \cdot \left(\ln \left| \frac{LM}{1 - \sin \alpha} \right| - \ln |LM| \right)}} \text{ Н.} \quad (12)$$

Проекція реакції опори на вісь x враховуючи (12)

$$N_{x2} = \frac{\mu_{\text{п}} \cdot \delta_{\text{сп}}}{LM} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot b \cdot \Delta E_k \cdot E}{\text{ctg } \alpha_{\text{бс}} \cdot \left(\ln \left| \frac{LM}{1 - \sin \alpha} \right| - \ln |LM| \right)}} \text{ Н.} \quad (13)$$

Сила тертя складе

$$F_{\text{тер}} = (N_{x1} + N_{x2}) \cdot f \text{ Н.} \quad (14)$$

Перетворимо вираз, враховуючи (5) та (13)

$$F_{\text{тер}} = \mu_{\text{п}} \cdot \delta_{\text{сп}} \cdot f \cdot \left(\frac{LM \cdot b \cdot \rho \cdot (a \cdot \sin \psi + g \cos \alpha)}{\cos^3(\arctg f)} + \frac{1}{LM} \times \sqrt{\frac{4 \cdot b \cdot \Delta E_k \cdot E}{\text{ctg } (\arctg f) \cdot \left(\ln \left| \frac{LM}{1 - \sin(\arctg f)} \right| - \ln |LM| \right)}} \right) \text{ Н.} \quad (15)$$

Аналітична залежність (15)

(15) дозволяє визначити силу заклинювання частинки матеріалу, що розсівається, розміром менше межного, в отворі сіячої поверхні.

Висновки

В роботі отримана аналітична залежність, яка дозволяє визначити силу заклинювання частинки матеріалу, що розсівається, розміром менше межного, в отворі сіячої поверхні, враховуючи фізичні властивості матеріалу та сіячої поверхні, її геометричні розміри, кінематичні та динамічні параметри.

Посилання

1. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. Наука, 1976. 608 с.
2. Работнов Ю. Н. Сопротивление материалов. Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. 456 с.
3. Учитель А. Д. Создание высокоэффективных вибрационных машин для подготовки металлургических шихт: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Днепропетровск, 1992. 511 с.
4. Сопротивление материалов / Г. С. Писаренко та ін. 5-те вид. Киев: Вища шк., 1986. 775 с.
5. Андріяшик М. В., Вербицький Б. І., Король А. М. Курс фізики модульно-рейтингова система навчання: підруч. для студ. вищ. техн. навч. закл. Київ: Фламенко, 2008. 530 с.

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ЗАВИСАНЬ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНОЮ СИРОВИНОЮ ДРОБАРОК КРУПНОГО ДРОБЛЕННЯ

*Доц., канд., техн. наук І. В. Засельський, аспірант кафедри В.О. Шефер
Державний університет економіки і технологій, м. Кривий Ріг, Україна*

При завантаженні конусних дробарок крупного дроблення на гірничо-збагачувальних комбінатах Криворіжжя, великими шматками породи виникає їх зависання в приймальній ямі, що веде до суттєвих простоїв обладнання і фінансових втрат переробки мінеральної сировини. Час від часу виникає проблема з безперервною подачею сировини до дробарок крупного дроблення ККД-1600/180 в результаті зависання найбільш крупних шматків на вході до неї, що веде до холостої і непродуктивної її роботи. Такі обставини не дозволяють вести безперервне розвантаження думпкарів гірничою масою з одного боку, а з другого зменшує продуктивність дробарки крупного дроблення, від котрої суттєво залежить і продуктивність в цілому дробарно-сортувальних фабрик гірничо-збагачувальних комбінатів.

Розвантаження гірничої маси з думпкарів проводиться під силою їх тяжіння в приймальну яму, під котрою встановлена дробарка крупного дроблення [12]. Сама гірнича маса є дуже різномірною за формою і крупністю і в ряді випадків великі її шматки створюють зависання породи в приймальній ямі дробарки. Зависання, які утворюються у приймальній ямі дробарки, ведуть до зниження ефективності роботи, як самого дробарно-сортувального обладнання так і в цілому рудопідготовки гірничо-збагачувального комбінату.

Таким чином роботи, які направлені на зменшення простоїв обладнання і підвищення їх продуктивності за рахунок зменшення ймовірності форм

зависання шматкової частини мінеральної сировини є цілком актуальною задачею.

Дослідженням зависання різноманітних матеріалів присвячено багато робіт, з яких можна виділити роботи наступних авторів [2,3], однак досліджень, які б стосувались зависання великих шматків гірничої породи в приймальній ямі конусної дробарки крупного дроблення зроблено не було. Як показує досвід та дослідження формоутворення зависань мають ймовірний характер, на результат якого можна вплинути через не випадковий розподіл деяких впливаючих на процес величин. А саме, визначить конструкцію розташування поздовжніх та поперечних решіток в приймальній ямі, структурування котрих дозволило б загальмувати рух великих шматків гірничої маси з одночасним підвищенням руху дрібної її частини до дробарки крупного дроблення. Дрібні шматки будуть впершу чергу діставатись дробарки, після чого в приймальній решітці з'являться вільні зони для руху великих шматків без зависань.

Для проведення експериментальних лабораторних досліджень була виготовлена модель, яка наведена на рис.1. Експериментальна лабораторна модель була виконана з використанням геометричної подоби розмірів приймальної ями дробарки крупного дроблення в співвідношенні 1:80.

Модель мала можливість переустановлювати загороджувальні поздовжні і поперечні елементи для проведення досліджень. В якості матеріалу використовувався щебінь, який по формі і гранулометричному складу дуже добре масштабувався з вмістом шматків гірничої породи в думпках.



Рисунок 1 – Лабораторна експериментальна модель

Дослідженнями встановлювались ймовірності утворення зависань при різних конфігураціях встановлення стрижнів в умовно приймальній ямі.

Експерименти проводились серіями, де в кожній їх кількість визначалась у відповідності до вимог математичної статистики [4,5].

Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати досліджень

№ Серії	Схема розташування стрижнів		Кількість експериментів із зависаннями в серії	Ймовірність зависань, %
	Головний вид	Вид з боку		
1			12	51,7
2			14	66,7
3			11	52,4
4			17	81,0
5			12	42,9
6			14	28,6

Як видно з отриманих результатів в таблиці 1, найкращий результат було отримано для 6-ї схеми розташування решітки з стрижнів де ймовірність зависання склала 28,6 %.

Після отримання найкращого показника щодо розташування стрижнів була проведена ще додаткова серія з 62 експериментів з решіткою з стрижнів та без неї, при вірогідності отримання достовірного результату з ймовірністю 95%.

Дослідження показали, що використання решітки з одним поздовжнім і п'ятьма поперечними стрижнями здатне знизити ймовірність зависань великих шматків гірської маси в 1,87 рази.

Найкращий конструктив приймальної решітки з стрижнями наведено на рисунку 1.

Висновки

На основі проведених досліджень знайдена конструктивна схема розташування стрижнів в решітці, яка встановлюється в приймальну яму гірничої маси для подальшого дроблення в конусній дробарці крупного дроблення.

Встановлено, що найкращий показник по зменшенню зависання матеріалу отримано для поперечної решітки з поздовжнім стрижнем. Використання решітки з одним поздовжнім та п'ятьма поперечними стрижнями здатен знизити зависання великих шматків в приймальній ямі дробарки крупного дроблення в 1,87 рази.

Посилання

1. Смирнов В.О., Білецький В.С., Шолда Р.О. Переробка корисних копалин. Донецьк: Східний видавничий дім, 2013. 600 с.
<https://core.ac.uk/download/pdf/162886491.pdf>
2. Ловейкін В.С., Шимко Л.С., Ярошенко В.В. Огляд досліджень витоку сипких матеріалів. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, випуск 40, част. I. – Кіровоград: КНТУ, 2010. 340 с.
<https://core.ac.uk/download/pdf/42032866.pdf>
3. Компанейщиков І. С., Коверник С. П., Ганзуленко С. М., Злобін В. В. Система усунення зависань сипких матеріалів у приймальних бункерах. Металургія: Збірник наукових праць, частина 2 (38)., 2017. 111–115с.
https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/478/1/Metallurgy_38_21.pdf
4. Єременко В.С., Куц Ю.В., Мокійчук В.М., Самойліченко О.В. Статистичний аналіз даних вимірювань: навч. посіб., К: НАУ, 2013. 320 с.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/1e99dc7d-33a1-48a3-8cbf-9f5747564b2b/content>
5. Слюсарчук П.В. Теорія ймовірностей та математична статистика. – Ужгород: Видавництво “Карпати” 2005. – 178 с.
<https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/30615>

ОБґРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБКИ СКЛАДІВ ЛИВАРНИХ КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ, НЕМАГНІТНИХ БРОНЗ

*Доц., канд. техн. наук Т.В. Кімстач^{1,2}, проф., докт. техн. наук К.І. Узлов¹,
проф., докт. техн. наук С.І. Реп'ях¹*

¹Український державний університет науки і технологій

*²Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України
м. Дніпро, Україна*

Постійний розвиток технічного прогресу вимагає підвищення надійності та довговічності роботи деталей і механізмів, що ставить перед сучасною металургією завдання створення високоефективних сплавів для задоволення потреб різних галузей промисловості. У цьому контексті особливої актуальності набуває використання бронз, які можуть застосовуватись там, де інші матеріали передчасно виходять з ладу або виявляються дорожчими у придбанні чи виробництві. Бронзи знаходять широке застосування в хімічних, нафтохімічних та опріснювальних установках; у морському, офшорному та судновому обладнанні; у виробництві електроенергії, авіа- та машинобудуванні; металургійній, електротехнічній та будівельній промисловості.

Традиційні ливарні сплави на основі міді залишаються досі затребуваними в тих областях, де необхідні особливі експлуатаційні характеристики, такі як висока корозійна стійкість, немагнітність, висока зносостійкість, стійкість до високих температур, стабільність у агресивних середовищах та здатність працювати при підвищених механічних навантаженнях. Однак для низки сучасних технологій ці сплави не завжди можуть забезпечити оптимальний рівень необхідних механічних і технологічних властивостей, що створює попит на нові високоефективні матеріали на основі міді.

На сьогодні більшість литих виробів із корозійностійких сплавів на основі міді виготовляють із алюмінієвих бронз, які поєднують у собі необхідні сучасні вимоги до антифрикційних властивостей, міцності, пластичності, а також високу корозійну стійкість у різних середовищах і умовах експлуатації.

Литі алюмінієві бронзи, як правило, містять 5...12% (мас.) алюмінію. Крім алюмінію, легуючими елементами, що найчастіше використовуються в алюмінієвих бронзах, є нікель, залізо, марганець, кремній та олово. Властивості алюмінієвої бронзи залежать насамперед від вмісту алюмінію; однак різні співвідношення легуючих елементів призводять до змін у її механічних, корозійних та фізичних властивостях. Наприклад, додавання заліза може підвищити міцність, а марганець сприяє покращенню зносостійкості. Комбінація інших елементів, таких як нікель, кремній чи олово, може також впливати на схильність до корозії, покращувати

оброблюваність і створювати необхідні характеристики для конкретних умов експлуатації.

З числа найбільш важких умов роботи бронзових деталей є, наприклад, їх робота у складі суднових і корабельних дизельних двигунів з проточною системою охолодження забортною морською водою. Завдяки своїй високій корозійній стійкості та міцності найбільш поширеними сплавами для використання в морському середовищі є алюмінієві бронзи додатково леговані Ni, Fe та Mn і називають «морськими». «Морські» бронзи широко застосовуються в суднобудуванні, виготовленні морських трубопроводів, гвинтів, арматури та інших елементів, що контактують з морською водою.

Низька магнітна проникність необхідна «морським» бронзам для запобігання впливу магнітних полів на роботу морських приладів і обладнання, таких як навігаційні системи та датчики, а також для зменшення негативного впливу на підводні об'єкти, де магнітні матеріали можуть перешкоджати роботі або притягувати мінеральні частки. Кавітаційна стійкість є критично важливою для забезпечення безперебійної роботи компонентів, оскільки сплави з високою кавітаційною стійкістю здатні протистояти руйнівним процесам, що підвищує їх надійність і тривалість служби. Комбінування цих властивостей дозволяє створювати морські бронзи, які можуть витримувати суворі умови морського середовища, забезпечуючи їх надійність, ефективність і довговічність у застосуванні.

Проте на сьогодні у числі інших вимог до литих деталей з алюмінієвих бронз є подальше підвищення їх корозійних та спеціальних властивостей при забезпечення потрібного рівня міцності, пластичності та задовільної ливарної технологічності, що потребує поглиблення досліджень та розвитку уявлень в частині встановлення особливостей процесу структуроутворення у багатокомпонентних бронзах та його впливу на властивості литих бронзових виробів.

Сучасні дослідження у галузі розробки нових складів алюмінієвих бронз спрямовані на використання багатокомпонентного легування, що дає змогу створювати бронзи з новими поєднаннями експлуатаційних характеристик, яких не мають традиційні марки та склади. Однак, незважаючи на перспективність цього підходу, інформація щодо комплексного впливу легуючих елементів на властивості ливарних сплавів системи Cu-Al наразі є обмеженою та фрагментарною. Для подальшого покращення експлуатаційних характеристик бронз, зокрема в аспектах міцності, пластичності та ливарної технологічності, немагнітності необхідно поглиблювати дослідження процесу структуроутворення в багатокомпонентних бронзах та вивчати його вплив на їх властивості.

МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАГРІВУ МЕТАЛЕВОГО БРУХТУ В КОНВЕРТЕРІ

*Аспірант Д.С. Кондрашенко, проф., докт. техн. наук А.Г. Чернятевич,
зав. каф., докт. техн. наук Є.М. Сігарьов,
доц., канд. техн. наук А.А. Похвалітий, аспірант А.В. Круть
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна*

Одним із ефективних способів оптимізації теплового балансу конвертерної плавки, а також зниження витрат рідкого чавуну, є попередній нагрів металевго брухту шляхом спалювання кускового вугілля у потоці кисню, що подається через верхню кисневу фурму. Для цієї мети особливо підходить газове кускове вугілля з високим вмістом летких компонентів C_mH_n , оскільки воно швидко запалюється і згорає більш повно за короткий проміжок часу. Водночас актуальними залишаються питання щодо розробки технологічних підходів, які забезпечують рівномірне спалювання вугілля та нагрів металевго брухту без локалізованого перегріву чи оплавлення й подальшого утворення рідкої складової. Це дозволить зменшити знос футеровки та уникнути небезпечного заливання чавуну в конвертер [1-3].

Завдання високотемпературного моделювання нагріву металевго брухту вирішували із застосуванням багатоцільової лабораторної установки (рис. 1), змонтованої на базі 80-кг конвертера, виготовленого в масштабі 1:18 щодо 160-т промислового агрегату [4].

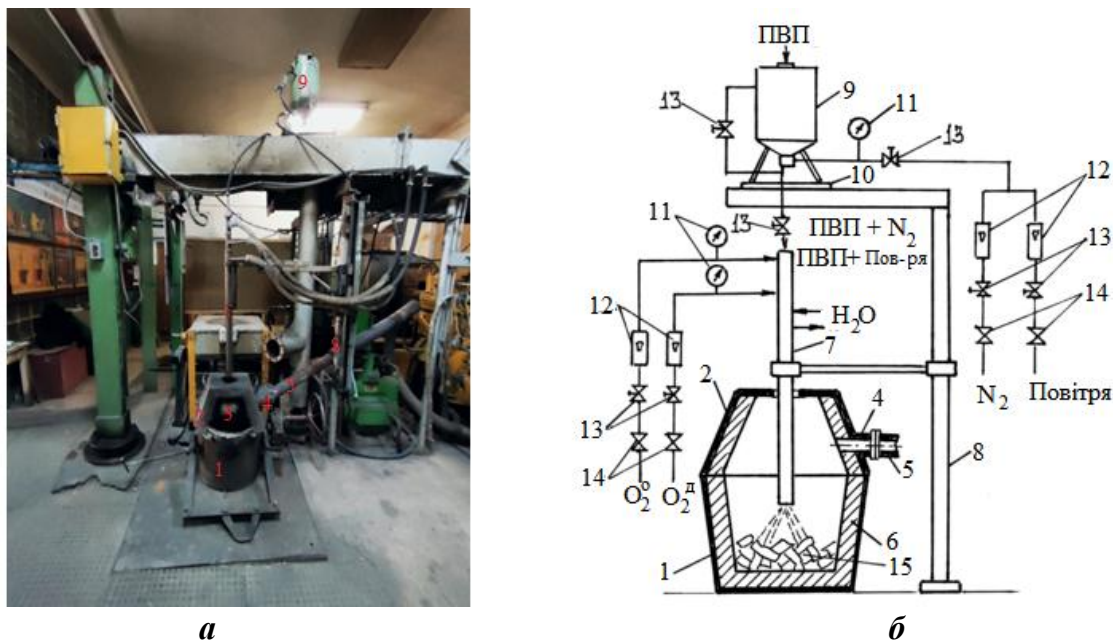


Рисунок 1 – Рис. Вид (а) і схема (б) установки високотемпературного моделювання:

1 – корпус конвертера; 2 – знімна горловина; 3 – оглядове вікно; 4 – патрубок евакуації відхідних газів і пилу; 5 – металошланговий рукав; 6 – футеровка конвертера; 7 – фурма для нагріву металевго брухту; 8- пристрій для закріплення і переміщення фурми; 9 – живильник пиловугільного палива; 10 – лабораторні ваги ТВЕ-120-5; 11 – манометри; 12 – ротаметри; 13 – регулювальні вентилі; 14 – відсічні вентилі; 15 – металевий брухт

Конвертер 1 оснащено знімною горловиною 2, що має оглядове вікно 3 з кришкою і патрубком 4 евакуації відхідних газів і пилу, який з'єднується з метало шланговим рукавом. Футеровка 6 конвертера виконана шляхом набивання по шаблонах з обпаленого магнезійного порошку зі зв'язкою на рідкому склі. Зменшення тепловтрат досягається застосуванням шару каолінової вати і листового азбесту, покладених між кожухом і футеровкою конвертера.

До складу установки входять різні конструкції фурм 7 для нагріву металевго брuxту з використанням кускового вугілля і пиловугільного палива (ПВП); пристрій 8 для закріплення і переміщення цих фурм; живильник 9 пиловугільного палива, встановлений на лабораторних вагах 10 марки ТВЕ-120-5; обладнання для подачі до конвертера кисню, азоту, компресорного повітря і води; контрольно-вимірjувальна й регулююча апаратура. Живлення конвертера киснем і азотом від рамп із балонами, повітрям від компресора, які розміщені в спеціальному приміщенні, здійснюється через газові магістралі, обладнані манометрами 11 і ротаметрами 12 для контролю тиску і витрат газів, регульовальними 13 та відсічними 14 вентилями. У випадку дослідження нагріву металевго брuxту кусковим вугіллям з подачею останнього під кисневi струмені використані як класична конструкція кисневої фурми з 4-х сопловою головою, так і спеціальна двоярусна фурма, що містить 4-х соплову головку та верхній 8-ми сопловий блок з незалежним регульованим підведенням основного (O_2^g) та додаткового (O_2^d) кисню на групи сопел відповідно. Для нагріву металевго брuxту з використанням ПВП була використана спеціальна конструкція паливно-кисневої фурми, що містить головку з 3-ма соплами типу «труба в трубі» для подавання пиловугільного палива в потоці азоту або повітря в кільцевій кисневій оболонці [5].

Випал і розігрів футеровки конвертера перед нагрівом металевго брuxту здійснювався шляхом спалювання завантаженого в конвертер коксу з вдуванням в порожнину останнього компресорного повітря за допомогою кисневої або паливно-кисневої фурми при закритому кришкою оглядовому вікні. Відведення димових газів, що утворюються в ході розігріву футеровки, так і нагріву металевго брuxту проводилося через металошланговий рукав, з'єднаний із димососом ВДД-11 і димовідвідною трубою.

Експрес-контроль температури поверхні футеровки конвертера під час розігріву останньої, а також температури нагріву металевго брuxту у діапазоні від 800 до 2000 °C здійснюється за допомогою переносного пірометра часткового випромінювання «Смотрич-5П02». Спостереження за перебігом нагріву металевго брuxту, процесами горіння кускового вугілля та допалювання відхідних газів, дії кисневих та паливно-кисневих струменів на поверхню металобрuxту, безпосереднє формування паливно-кисневих струменів здійснювалося через оглядове вікно з фіксацією відеокамерою CASIO ES-FH25 (30-1000 к/с).

Дослідження особливостей запалювання і горіння кускового газового вугілля, процесу нагрівання металевого брухту при завантаженні вугілля як на поверхню металобрухту, так і по ходу верхньої подачі кисню виконували наступним чином: розігрів футеровки конвертера до температури поверхні 850-900 °С забезпечували спалюванням завантаженого коксу при подаванні компресорного повітря через верхню кисневу фурму. Після завантаження металобрухту в конвертер здійснювали подачу вугілля (хімічного складу: 72 % С, 3,0 % S, 1,4 % вологи, 3,6 % золи, 20,0 % летучих) і фракції 15-25 мм таким чином, щоб значна його маса (70-80 %) зосереджувалась на поверхні і в шарі металевого брухту, залишкова частина – в контакті з вогнетривкою футеровкою. При цьому використовували металобрухт як легковагий, так і ваговитий зі зменшеними розмірами шматків у відповідності зі зменшеним об'ємом робочого простору 80-кг конвертера.

У першій серії експериментів, після завантаження металобрухту та кускового вугілля в конвертер, розпалювання останнього здійснювали шляхом подачі кисню через стандартну кисневу фурму. Фурма була оснащена головкою з чотирма соплами Лаваля критичного діаметра ($d_{кр}$) 1,7 мм, розташованими по колу під кутом 150° до вертикалі. Подача кисню починалася з витратою 0,10-0,12 м³/хв, що забезпечувало запалювання й подальше горіння вугілля. Згодом інтенсивність дуття збільшували до 0,15-0,20 м³/хв.

Процес нагріву металевого брухту, включаючи утворення рідкої складової, фіксували за допомогою відеокамери, а температуру поверхні металобрухту й футеровки вимірювали переносним пірометром «Смотрич-5ПО2».

Горіння твердого палива проходило через кілька стадій: підігрів і підсушування, пірогенний розклад з виділенням летких компонентів C_mH_n та утворенням коксового залишку, горіння летких речовин і подальше горіння коксу. Контакт вугілля з розігрітою футеровкою конвертера не забезпечував інтенсивного виділення C_mH_n , що могло б сприяти швидкому займання всієї маси палива. Це було зумовлено необхідністю попереднього етапу підігріву й підсушування перед пірогенним розкладом.

Через 20-30 секунд після подачі кисню через чотирьохсоплову фурму починалося виділення газоподібних складових вугілля. Невеликий обсяг C_mH_n взаємодіяв із кисневими струменями, утворюючи окислювальні факели, які діяли на обмежену поверхню металобрухту й вугілля. Це сприяло розвитку горіння в межах підфурменної зони, з поступовим поширенням фронту горіння до стін конвертера. При цьому частина кисню втрачалася у вигляді струменів, відбитих від поверхні брухту, що знижувало ефективність процесу.

Регулювання інтенсивності подачі кисню протягом 4-6 хвилин забезпечувало стабільний нагрів шматків металобрухту до температури 850-870°C без утворення центральної зони проплавлення та окисленого шлакометалевого розплаву.

Однак традиційна технологія спалювання кускового газового вугілля за допомогою чотирьохсоплової фурми виявилася малоефективною. Це підтвердили експерименти з нагріву металобрухту із використанням двоярусної фурми, яка мала додаткові сопла. Верхній блок фурми включав 8 циліндричних сопел ($d_{\text{ц}}=1,0$ мм, $\alpha=45^\circ$, $H_{\text{я}}=105$ мм) для регульованої подачі основного ($\text{O}_2^{\text{о}}$) і додаткового ($\text{O}_2^{\text{д}}$) потоків кисню, що значно покращило умови спалювання та нагріву (рис. 2).

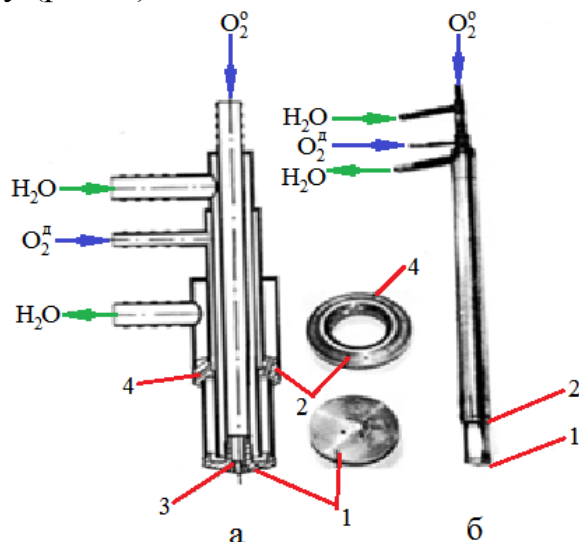


Рисунок 2 – Схема (а) та вид (б) двоярусної кисневої фурми:

1 – головка; 2 – верхній сопловий блок; 3 – сопла Лавалю; 4 – циліндричні сопла

В цих експериментах зафіксовано створення факелів допалювання горючих складових (C_mH_n , CO) відхідних газів за рахунок кисневих струменів, що витікали із сопел верхнього ярусу (рис. 3) [6].

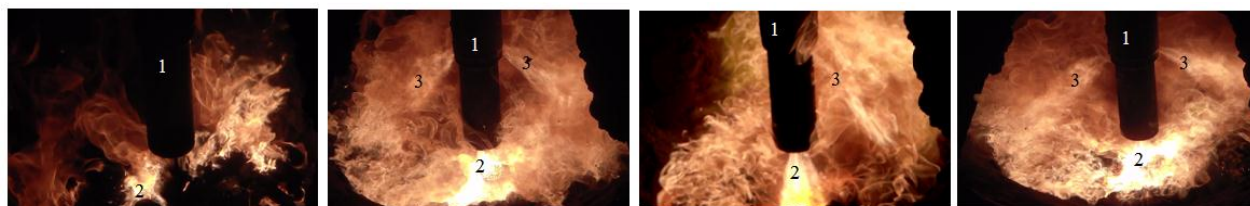


Рисунок 3 – Нагрівання металобрухту з використанням двоярусної кисневої фурми та кускового газового вугілля:

1 – двоярусна киснева фурма; 2 – окислювальні факели взаємодії надзвукових кисневих струменів з обмеженою поверхнею завантаженого металобрухту і вугілля; 3 – факели допалювання (C_mH_n , CO) відхідних газів звуковими кисневими струменями верхнього ярусу

Нагрів підготовленого металевго брухту із-за його неоднорідності (ваговитий, легковагий) відбувався також нерівномірно при порційних присадках кускового вугілля по ходу подачі кисню, що зв'язано з обмеженою можливістю розосередження присадок вугілля і вогнищ горіння останнього у шарі лому.

Для нагріву металевго брухту з використанням пиловугільного палива (ПВП) була розроблена і виготовлена спеціальна конструкція лабораторної паливно-кисневої фурми (рис. 4), що містить головку з 3-ма соплами типу «труба в трубі», розташованими під кутом 100 до вертикалі. Подавання ПВП з витратою 0,4-0,5 кг/хв в потоці азоту або повітря (0,15-0,20 м³/хв) здійснювалось через центральні циліндричні сопла діаметром 3,0 мм, а кисню з витратою (0,25-0,39 м³/хв) по кільцевим 2 мм щілинам між трубами.

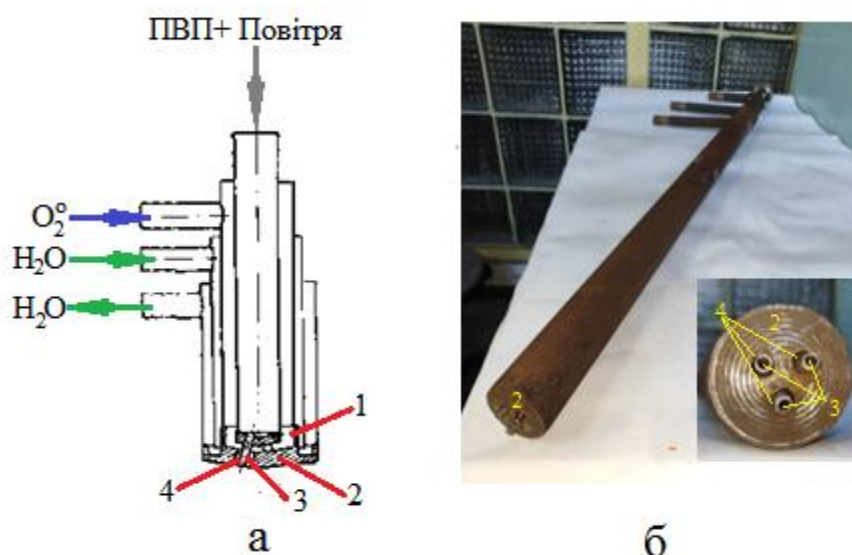


Рисунок 4 – Схема (а) та вид (б) паливно-кисневої фурми:

1 – паливний розподільник; 2 – головка; 3 – паливні сопла; 4 – кисневі сопла

Спочатку вдування (рис. 5) частинки вугляного пиу нагріваються до температури запалювання. Це відбувається за рахунок теплопередачі випромінюванням від нагрітої футеровки конвертера. На першому етапі (рис. 5, а,б) нагріваються крайові області струменю вугляного пиу із-за недостатнього перемішування з киснем кільцевої оболонки. В подальшому з підвищенням температури горіння формуються високотемпературні (до 2000⁰С) факели (рис. 5, в,г), що діють на поверхню металевго брухту.

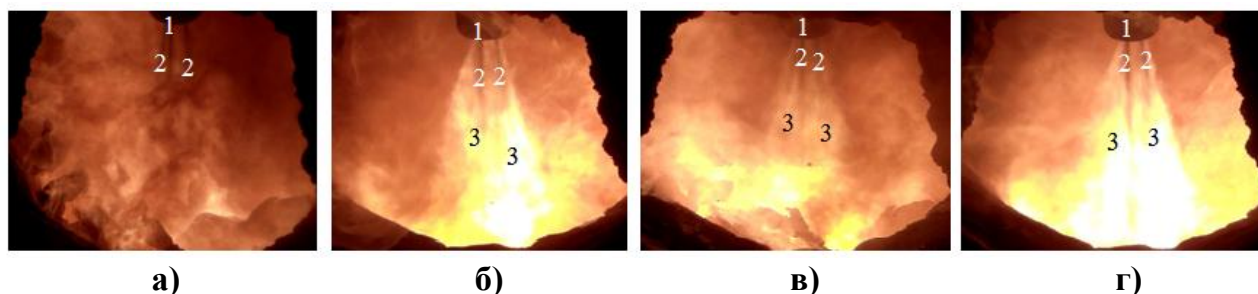


Рисунок 5 – Характер поширення паливно-кисневих струменів під час нагріву металобрухту:

1 – головка фурми; 2 – струмінь вугляного пиу; 3 – факел горіння пиловугільного палива

Висновки

1. При спалюванні вугляного пилу в кільцевій кисневій оболонці у зв'язку з величезною сумарною поверхнею вугляних частинок основна маса летучих не встигає виділитися до початку займання частинок і вуглець горить з тією же швидкістю, що і летучі. Це сприяє формуванню високотемпературних з великою світністю факелів для нагріву металевго брuxту;
2. Коефіцієнт використання вдуваного кисню і пиловугільного палива істотно вище, чим при використанні кускового вугілля протягом нагріву любой тривалості, що обумовлено більшою світністю створюваних факелів;
3. Скорочується час нагріву до заданої температури поверхні металевго брuxту із запобіганням виникнення рідкої складової.
4. Визначено вплив від регулювання інтенсивності подачі кисню, що дозволило уникнути зон локальних перегрівів і утворення рідкої складової, що зменшило знос футеровки та підвищило безпеку роботи конвертера.

Посилання

1. Naoki Kikuchi. Development and Prospects of Refining Techniques in Steelmaking Process. *ISIJ International*, 2020. vol. 60. № 12. pp. 2700-2712.
2. Nagumanov R., Protopopov E., Chernyatevich A. Modeling results for preheating of scrap by means of coal pieces in a converter. *Steel in Translation*, 2011. vol. 41. № 4. pp. 301-306.
3. Lytvynyuk Y., Van den Berg B., Skorianz M. **Increased scrap utilization in converter steelmaking** // 9th EOSC European Oxygen Steelmaking Conference 2022. (17 - 21 October 2022, Aachen – Germany). URL: https://www.researchgate.net/publication/371138707_Increased_scrap_utilization_in_the_converter_steelmaking
4. Чернятевич А.Г., Сігарьов Є.М., Молчанов Л.С., Похвалітий А.А., Кондрашенков Д.С. Установка високотемпературного моделювання нагріву металевго брuxту в конвертері. *Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції «Литво. Металургія. 2024»* (28–30 травня 2024 р., м. Харків – м. Київ). Харків: НТУ «ХПІ», 2024. С. 505–507.
5. Чернятевич, А.Г., Похвалітий, А.А., Сігарьов, Є.М., Чубіна, О.А., Кондрашенков, Д.С. Використання пиловугільного палива для попереднього підігріву металобрuxту. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки). Науковий журнал. Тематичний випуск "До 95 річчя кафедри металургії ім. професора В.І. Логінова Дніпровського державного технічного університету"*. Кам'янське: ДДТУ, 2024, С. 123–131.
6. Чернятевич А.Г., Сігарьов Є.М., Молчанов Л.С., Похвалітий А.А., Кондрашенков Д.С., Чубіна О.А. Відеофіксація фізико-хімічних процесів в порожнині конвертера під час нагріву металевго брuxту. *Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції «Литво. Металургія. 2024»* (28–30 травня 2024 р., м. Харків – м. Київ). Харків: НТУ «ХПІ», 2024. С. 507–511.

АНАЛІЗ РІВНОМІРНОСТІ ЛИТОЇ СТРУКТУРИ ДОСЛІДНИХ ЕКОНОМНОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ТОВСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТУ

*Старший дослідник, докт. техн. наук Г.А. Кононенко^{1,3},
доц. канд. техн. наук Т.В. Кімстач^{1,2}, наук. співр., PhD Р.В. Подольський¹,
мол. наук. співр. О.А. Сафронова¹, провідний інженер О.П. Клинова¹*

¹Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України,

²Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)

*³Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"
м. Дніпро, Україна*

Вступ. Розвиток будівництва, автомобілебудування та машинобудування супроводжувався постійним посиленням технічних вимог до конструкційних сталей. Тому питання технології виробництва аналогів імпортних високоміцних листових сталей типу MARS, Miilux PROTECTION, ARMOX, Hardox, та інш., з яких виготовляють наноструктурований високоміцний листовий прокат з унікальним поєднанням механічних властивостей (границя міцності 700-2000 Н/мм², твердість понад 280 HB), мають величезне значення для народного господарства країни. Застосування прокату підвищеної міцності дозволяє вирішувати проблему підвищення надійності конструкцій при одночасному зниженні їхньої металоємності.

Аналіз літературних джерел та власних експериментальних досліджень показав, що основні шляхи вирішення цієї проблеми – розробка складу економнолегованих сталей нового покоління та вдосконалення технології виробництва металопрокату вже на етапі отримання литої структури, зокрема контролю процесу кристалізації і охолодження. Це дозволяє мінімізувати дендритну ліквіацію, знижуючи кількість та розмір неметалевих включень і підвищуючи якість литої структури, що закладає основу для поліпшення властивостей кінцевого виробу.

Стан питання. Якість сталі – багатофакторна характеристика, яка залежить від багатьох умов виробництва. Метал може виявитися непридатним навіть коли не виконана хоча б одна з умов працездатності, а виконання цих умов залежить від усього технологічного ланцюга. Тому не лише рівень, а й повний перелік обов'язкових матеріалознавчих та технологічних норм для продукції – предмет докладного аналізу перед розробкою будь-яких металевих виробів.

Формування литої структури має суттєве значення для кінцевої якості економнолегованих високоміцних сталей, оскільки від початкової будови залежить можливість досягнення необхідних механічних властивостей після подальшої термічної та механічної обробки. Легування таких сталей сприяє поліпшенню характеристик литої структури, зокрема шляхом зменшення розмірів та зміни форми дендритів, що забезпечує більш однорідну дисперсну структуру а також впливає на склад, форму, розмір та розподіл неметалевих

включень у метали. Обґрунтоване регулювання вмісту легуючих елементів дозволяє керувати фазовими перетвореннями в металі, що є критичним для формування у таких сталях безкарбідного бейніту при подальшій термічній обробці. Основними легуючими елементами високоміцних листових сталей є нікель, хром, молібден, кремній тощо.

Обмеження вуглецю продиктовано необхідністю зниження $C_{\text{екв}}$. Разом з тим, зменшення вмісту С дозволяє виключити карбідоутворення в процесі проміжного перетворення при безперервному охолодженні і призводить до утворення безкарбідного бейніту.

Хром підвищує міцність і пластичність конструкційних сталей, знижує ризик перегріву та покращує прогартовуваність

Нікель сприяє збільшенню в'язкості і міцності сталі, покращує її зварюваність, підвищує прогартовуваність і опірність крихкому руйнуванню, а також знижує чутливість до концентраторів напружень. Збільшення вмісту нікелю понад 2 % знижує температуру початку мартенситного перетворення, що підвищує кількість залишкового аустеніту і може негативно вплинути на зварюваність сталі [1].

Легування Si ефективно пригнічує утворення карбідів у проміжній ділянці температур, сприяє утворенню безкарбідного бейніту у структурі сталі [2-9].

Al, як і Si, дозволяє практично повністю придушити процеси утворення карбідів у бейнітному фериті, що є однією з умов формування структури безкарбідного бейніту [8-9]. Нітриди Al сприяють подрібненню аустенітного зерна та перешкоджають його зростанню при нагріванні.

Мікролегування Ti, V та Nb забезпечує досягнення однорідного по розміру дрібного зерна аустеніту внаслідок гальмування його росту у процесі високотемпературного нагріву.

Введення в сталь Са сприяє підвищенню опору руйнуванню. Окрім того, модифікування Са знижує ліквідацію шкідливих домішок і подрібнює дендритну структуру сталі у литому стані.

Си підвищує стійкість аустеніту, збільшує прогартовуваність та загартовуваність сталі, підвищує корозійну стійкість сталей у різних середовищах. Найбільш ефективно використання Си разом із В, присадка до 0,5% Си в мікролеговану В (до 0,003%) сталь дозволяє підвищити розчинність бору в аустеніті і запобігти виділенню крихкої боровмісної фази на границях аустенітних зерен. Уповільнює зростання частинок вторинної фази, у зв'язку з цим Си доцільно вводити в товстолистову сталь, яка піддається неодноразовим технологічним нагріванням з повільним охолодженням [10, 11].

Утворення безкарбідного бейніту є важливим аспектом, оскільки забезпечує поєднання високої міцності та пластичності за рахунок отримання дрібнозернистої мікроструктури без крихких карбідних частинок. Відсутність карбідів покращує тріщиностійкість та ударну в'язкість сталі, необхідні для експлуатації в умовах значних навантажень.

Таким чином, поєднання раціонального складу легуючих елементів, вдосконаленого контролю за формуванням литої структури та отримання

безкарбідного бейніту після відповідної термічної обробки є ключовими факторами у підвищенні якості та експлуатаційних характеристик економнолегованих високоміцних сталей для виробництва товстолистового прокату.

Матеріали і методика досліджень. Матеріалами для досліджень були сталі дослідного складу лабораторного способу виробництва.

За результатами аналітичних досліджень впливу хімічних елементів на формування структури та механічні властивості конструкційних сталей, з метою забезпечення формування структури безкарбідного бейніту після відповідної термічної обробки, у роботі були рекомендовані чотири варіанти хімічного складу дослідних сталей. В якості прототипу використовували сталь, яка за хімічним складом основних елементів відповідає сталі 11С. У всіх дослідних сталях, порівняно з прототипом, знижено вміст Cr і Ni та здійснено мікролегкування V (до 0,15 %). Основною відмінністю сталі складу 1 від прототипу є підвищений вміст Si (до 2 %). Сталь складу 2 додатково мікролегована Ti, Al та Ca (0,026 %, 0,043 %, 0,003 % відповідно). В сталі складу 3 знижений вміст вуглецю (до 0,26 %), порівняно зі сталями інших досліджуваних складів, також вона додатково мікролегована Nb та Cu (0,029 % та 0,271 % відповідно). Для підвищення прогартуваності у всі дослідні сталі додався бор в кількості 0,001-0,003 %.

Виплавку дослідних сталей експериментальних хімічних складів виконували в лабораторних умовах з використанням комплексної установки, що складається з плавильного агрегату ІТПЕ- 0,01 закритого типу і високочастотного джерела струму ВТГ-20-22, що має вбудовану станцію автономного охолодження.

Виплавку проводили шляхом переплавлення 8,5-9,0 кг металеві шихти катаного пруту зі сталі 10. Металеву шихту розігрівали в печі протягом 40 хвилин до температури точки Кюрі, після чого протягом 1,5 годин метал нагрівали до його повного розплавлення. Феросплави вводили згідно методики розробленої в роботі [12]. Розігрів розплавленого металу здійснювали ще протягом 30 хв, після чого його виливали в попередньо підготовлений (очищений і просушений), нагрітий до 600 - 700⁰С графітовий тигель.

Оцінку забрудненості злитків дослідних сталей неметалевими включеннями проводили згідно ДСТУ 8966:2019 «Сталь. Металографічні методи визначення неметалевих включень». Аналіз забрудненості виконували у поперечному перерізі на зразках, вирізаних із характерних зон зливка – поблизу зовнішньої поверхні, ½ радіусу та центральній зоні зливка.

Металографічні дослідження дослідних сталей виконані на світловому мікроскопі «Axiovert 200 M MAT». Шліфи виготовляли механічним способом. Мікроструктуру виявляли травленням у ніталі.

Мікротвердість визначали відповідно до вимог ДСТУ ISO 6507-1:2007 «Визначення твердості за Вікерсом Частина 1. Метод випробування» на приладі ПМТ-3 з навантаженням 200 грамів, на мікрошліфах після проведення їх металографічних досліджень.

Результати досліджень. За результатами металографічних досліджень (рис. 1) встановлено, що в сталях дослідних плавок за ДСТУ 8966:2019 спостерігається два основні види неметалевих включень – сульфіді глобулярної та витягнутої форми які не перевищують 2 балу за шкалою б та оксиди точкові до 3 балу за шкалою а.

У всіх досліджуваних зонах злитку сталі складу 2, крім оксидів та сульфідів, присутні точкові нітриди та карбонітриди Al, Ti та V, кількість яких не перевищує 3 балу за шкалою а. Аналіз розподілу неметалевих включень за перетином злитків показав, що їх кількість збільшується від поверхні до центральної осі.

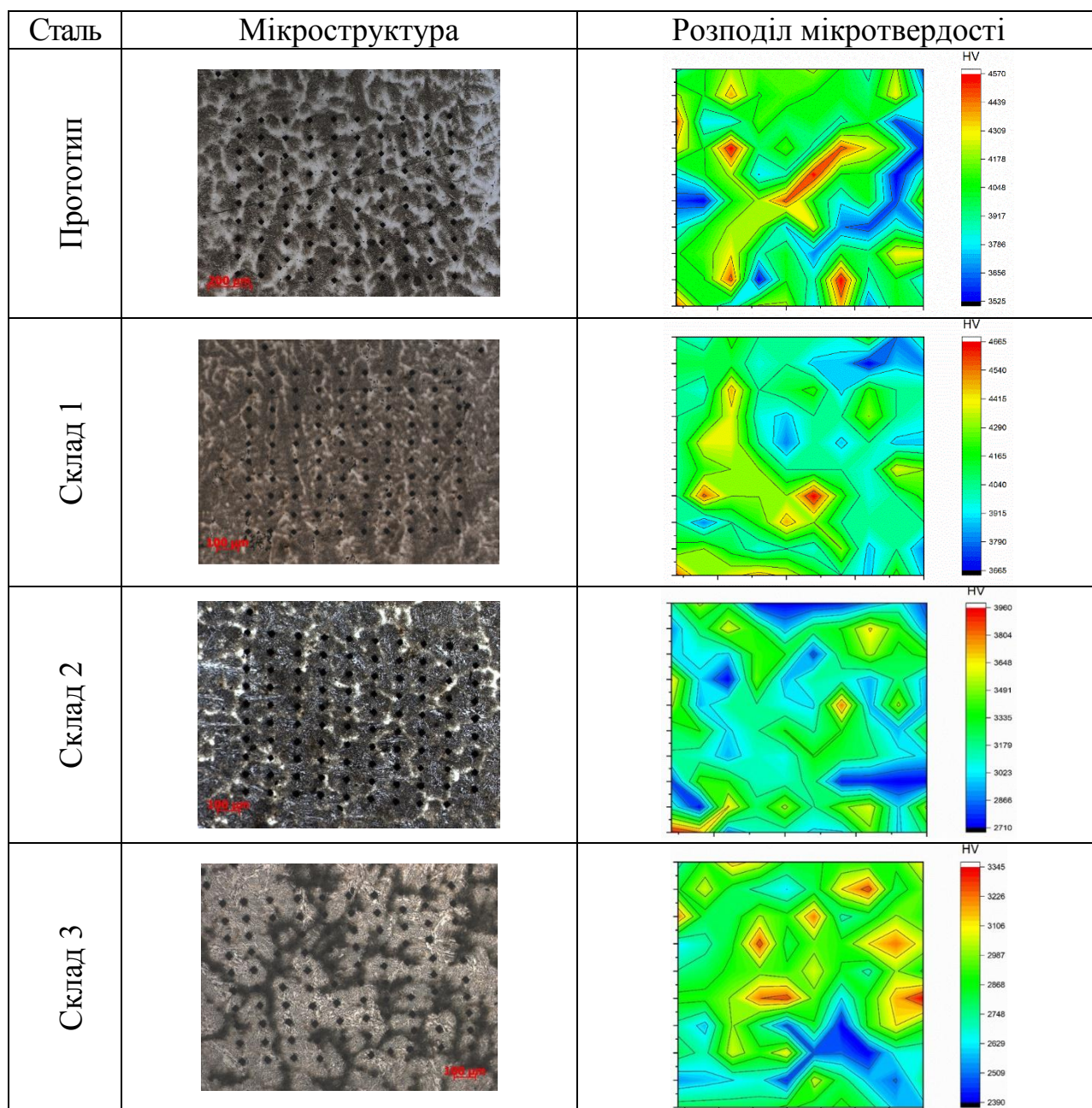


Рисунок 2 – Мікроструктура дослідних сталей у литому стані (×500) та розподіл значень мікротвердості на відстані ½ радіусу злитка

За результатами аналізу встановлено, що забрудненість неметалевими включеннями не перебільшує допустимого рівня для товстолистого прокату з високоміцних сталей за ДСТУ 3822:2019. Мікроструктура дослідних сталей та розподіл значень мікротвердості на відстані $\frac{1}{2}$ радіусу злитка надані на рис. 1.

З результатів аналізу мікроструктури та за даними вимірювання мікротвердості встановлено, що сталь-прототип характеризується вираженою дендритною ліквациєю. У міждендритних ділянках формується структура мартенситу (мікротвердість мартенситу $450 \dots 466$ кГ/мм²) та залишкового аустеніту, в осевих зонах дендритів – продукти проміжного розпаду аустеніту (бейніт). Від зони поверхні злитка до центру відбувається зміна форми бейніту від голчастої до більш сферичної ($352 \dots 450$ кГ/мм²).

Дослідна сталь складу 1, як і сталь-прототип, характеризується вираженою дендритною ліквациєю, в той же час у міждендритних ділянках сталі складу 1 спостерігається зменшення кількості залишкового аустеніту порівняно з прототипом. Структура сталі складу 1 складається з бейніту різних морфологічних форм з мікротвердістю ($367 \dots 466$ кГ/мм²) та залишкового аустеніту по границях зерен. Сталь складу 1, порівняно з прототипом, має вищий середній рівень мікротвердості та більш рівномірний її розподіл по перерізу шліфа. Це може бути пов'язане з легуванням сталі кремнієм, який сприяв підвищенню твердості твердого розчину та більш глибокому розпаду залишкового аустеніту з утворенням бейніту.

В сталі складу 2 спостерігається зменшення ступеня дендритної ліквациї порівняно зі сталлю-прототипом та сталлю складу 1. Дослідна сталь має переважно бейнітну структуру ($302 \dots 367$ кГ/мм²). В ліквацийних ділянках утворюється структура перліту ($189 \dots 287$ кГ/мм²), який розташовується невеликими одиничними ділянками у тілі зерен. По границям зерен присутній залишковий аустеніт. Сталь складу 2, яка мікролегована титаном, ванадієм, азотом та кальцієм має найбільш рівномірний розподіл мікротвердості завдяки сформованим мікрочасточкам включень ще на етапі кристалізації, що сприяло підвищенню рівномірності структури.

Дослідна сталь складу 3 має структуру бейніту, голчастого фериту ($329 \dots 347$ кГ/мм²), перліту ($239 \dots 275$ кГ/мм²) та залишкового аустеніту. Через зменшений вміст вуглецю ця сталь має найнижчі значення мікротвердості серед аналізованих дослідних сталей, але різниця зі сталлю складу 2 є незначною, оскільки зменшення вмісту вуглецю було компенсовано мікролегуванням міддю, ванадієм та ніобієм.

Аналіз мікроструктури та данні вимірювання мікротвердості свідчать про те, що дослідні сталі характеризуються вираженою дендритною ліквациєю, а процес формування їхньої структури в литому стані відбувається переважно за проміжним механізмом з утворенням бейнітних структур.

Висновки.

1. На основі аналізу результатів попередніх досліджень та літературних даних визначено перспективний хімічний склад економнолегованих сталей

для товстолистового прокату (з обмеженим вмістом вуглецю, хрому, нікелю, з додаванням бору) та виготовлені дослідні злитки в лабораторних умовах з різними системами легування: з підвищеним вмістом кремнію та мікролегована ванадієм; мікролегована алюмінієм, титаном, ванадієм, кальцієм; мікролегована міддю, ванадієм та ніобієм.

2. Встановлено особливості розподілу та рівень мікротвердості на відстані $\frac{1}{2}$ злитку дослідних сталей залежно від хімічного складу. Встановлено, що сталь, мікролегована системою титан-ванадій-алюміній-кальцій має найбільш рівномірний розподіл мікротвердості, ймовірно завдяки формуванню додаткових центрів кристалізації (нітридів та карбонітридів алюмінію, титану і ванадію), подрібнення дендритів та зменшення впливу шкідливих домішок завдяки кальцію.

3. Виконаний аналіз однорідності мікроструктури та визначена мікротвердість фаз дослідних сталей залежно від хімічного складу. Встановлено, що сталь, легована кремнієм, має менш виражену дендритну ліквідацію. Формування структури у литому стані відбувається переважно за проміжним механізмом з утворенням бейнітних структур.

Посилання

1. Бабаченко О.І., Кононенко Г.А., Подольський Р.В., Сафронова О.А., Кімстач Т.В. Сталі для броньового захисту. *IV Міжнародна конференція «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід»*. Дніпро-Гельсінкі. 2021 р., С. 129-134.
2. Bhadeshia. H. K. D. H.. *Bainite in Steels*. 2nd edition. IOM Communications. London. 2002.
3. Microstructure-properties relationships in carbide-free bainitic steels / J.C. Hell, M. Dehmas, S. Allain, J.M. Prado // *ISIJ International*. 2011. Vol. 51, № 10. P. 1724–1732.
4. Navarro-Lopez A., Sietsma J., Santofimia M.J. Effect of prior athermal martensite on the isothermal transformation kinetics below M_s in a Slow-C high-Si steel // *Metallurgical and Materials Transactions*. 2015. № 12. P. 1028–1039.
5. Mechanical behavior of carbide-free medium carbon bainitic steels / X. Zhang, G. Xu, X. Wang, D. Embury, O. Bouaziz, G.R. Purdy, H.S. Zurob // *Metallurgical and Materials Transactions*. – 2014. – № 3. – P. 1352–1361.
6. Caballero, F.G. New experimental evidence on the incomplete transformation phenomenon in steel. – *Acta Materialia*, № 57, 2009, p. 8-17 (Caballero F.G., C. Garcia-Mateo, M.J. Santofimia, M.K. Miller, C. Garci'a de Andre).
7. Yang, H.-S. Designing low carbon, low temperature bainite. – *Materials Science and Technology*, № 3, vol. 24, 2008, p. 335- 342.
8. Navarro-Lopez A., Sietsma J., Santofimia M.J. Effect of prior athermal martensite on the isothermal transformation kinetics below M_s in a low-C High-Si steel // *Metallurgical and Materials Transactions*. 2016. Vol. 47A. P. 1028–1039.

9. Yi H.L., Chen P., Bhadeshia H.K.D.H. Optimizing the morphology and stability of retained austenite in a δ -TRIP steel // *Metallurgical and Materials Transactions*. – 2014. – Vol. 45A. – P. 3512–3518.
10. Kimura Y., Tanaki S. Phase Transformation Mechanism of Fe–Cu Alloys // *ISIJ International*. 1997. V. 37. № 3. P. 290–295.
11. Дейнеко Л.Н., Большаков В.И. Термическое упрочнение соединительных деталей магистральных нефтегазопроводов. Монография: Днепропетровск, Gaudeamus. 2020. 120 с.
12. Molchanov Lavr, Golub Tetiana, Kononenko Ganna, Koveria Andrii, Kimstach Tetiana. Physical modelling of additives dissolution features in the bath of an induction furnace crucible. *La Metallurgia Italiana. International Journal of the Italian Association for Metallurgy*. n. 02 febbraio 2024. P. 52-60. URL : <https://www.aimnet.it/eng/prodotto.php?id=837&idc=11>.

ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Викладач-методист вищої категорії О.Ф. Кошкіна

ВСП «Нікопольський фаховий коледж УДУНТ», м. Нікополь, Україна

*Спеціаліст з енергозбереження та енергоменеджменту Л.О. Бігун
м. Дніпро, Україна*

Надійність електропостачання підприємств – це здатність системи забезпечувати безперервне і достатнє живлення споживачів відповідно до їхніх вимог. Якість електроенергії характеризується стабільністю напруги та частоти, а також відсутністю перешкод та витрат у мережі. Ці показники залежать від багатьох чинників, таких як стан джерел електроенергії, ліній електропередач, підстанцій, розподільчих пристроїв. [1]

Ворожі атаки не енергетичну систему можуть бути різного характеру: фізичного (підриви, обстріли, диверсії), кібернетичного (взломи, віруси, хакерські атаки), електромагнітного (імпульси високої напруги або частоти).

Для захисту енергетичної системи від таких атак можна використовувати різні способи:

- фізичний захист - посилення конструкцій і матеріалів обладнання та ліній передавання електричної енергії, встановлення бар'єрів та огорожень, застосування засобів відеоспостереження та сигналізації, організація охорони та патрулювання;

- кібернетичний захист - застосування засобів шифрування, автентифікації та контролю доступу до інформаційних систем і мереж, встановлення антивірусних і антишпигунських програм, оновлення

програмного забезпечення та операційних систем, створення резервних копій даних і резервних каналів зв'язку;

- електромагнітний захист - застосування засобів фільтрації, стабілізації та регулювання напруги і частоти електричної енергії, встановлення захисних пристроїв від перевантажень, коротких замикань і перенапруг, використання екранованих кабелів і обладнання. [2]

В критичних умовах повномасштабного вторгнення для підвищення надійності електропостачання необхідно:

- створювати додаткові джерела електричної енергії, які можуть вмикатися в разі відмови основних, наприклад, дизель-генератори, акумуляторні батареї, поновлювані джерела енергії (резервування);

- повною мірою використовувати засоби автоматичного контролю, управління та захисту електричних мереж, які можуть оперативно реагувати на зміни параметрів електричної енергії та ситуації в мережі, наприклад, релейний захист, автоматичне введення резерву, дистанційне управління (автоматизація);

- створювати розподільні генеруючі системи, які можуть працювати незалежно від централізованих мереж або в паралельному режимі з ними, наприклад, сонячні панелі (децентралізація). [3]

Пріоритетними напрямками енергозбереження на промислових підприємствах виробничої сфери визначені такі напрямки [4]:

- Впровадження ресурсозберігаючих технологій та підвищення енергоефективності.

- Збільшення частки альтернативних джерел енергії у структурі енергопостачання.

Підвищення ефективності роботи сонячних електростанцій (СЕС) для власних потреб підприємства є актуальним завданням і воно може бути досягнуто за допомогою різних технічних та організаційних заходів, зокрема [5]:

- 1) Вибір оптимального місця та параметрів установки фотоелектричних модулів (ФЕМ), де вони отримуватимуть максимальну кількість сонячної енергії протягом дня. Це включає в себе визначення кута нахилу, орієнтацію відносно сторін світу та ймовірності затінення поверхні ФЕМ впродовж року.

- 3) Використання сонячних трекерів, які допомагають зорієнтувати ФЕМ в напрямку сонця, що підвищує їхню продуктивність.

- 4) Інтеграція пристроїв накопичення енергії, зокрема акумуляторів для зберігання надлишкової електроенергії, що дозволяє використовувати її вночі або в періоди хмарності.

- 5) Моніторинг та обслуговування – система моніторингу дозволяє вчасно виявляти проблеми та здійснювати обслуговування, що допомагає уникнути втрати продуктивності.

- 6) Участь у програмах з продажу надлишкової енергії, що може приносити додатковий дохід.

- 7) Забезпечення навчання персоналу щодо оптимального управління та обслуговування СЕС важливо для забезпечення її найвищої ефективності.

8) Правильний розрахунок потужності: при проектуванні СЕС важливо правильно розрахувати потужність, щоб вона відповідала споживанню електроенергії підприємства, та враховувати коливання в споживанні та генерації протягом року.

9) Регулярне обслуговування: ФЕМ повинні регулярно очищуватись від пилу і бруду, оскільки це може суттєво підвищити продуктивність.

10) Моніторинг та аналітика даних роботи СЕС: використання системи моніторингу і аналітики даних дозволить відслідковувати продуктивність СЕС та визначити шляхи оптимізації.

Також одним із напрямків підвищення ефективності роботи СЕС на промислових підприємствах є коригування тривалості та зміни годин роботи технологічного обладнання споживачів підприємства. Такі споживачі можуть збільшувати власне споживання електроенергії в години мінімального навантаження та зменшувати його в пікові години без суттєвого впливу на технологічний процес.

Висновки. Для забезпечення надійності та ефективності електропостачання в умовах воєнного стану необхідно вживати комплексних заходів щодо захисту електричних мереж від атак ворога та підвищення їхньої стійкості до збурень. Використання СЕС для покриття внутрішніх потреб промислового підприємства при блекаутах та зростанні цін на електроенергію є важливим заходом для підвищення надійності забезпечення електричною енергією. Підвищення ефективності СЕС для власних потреб підприємства вимагає комбінації технічних рішень та ефективного управління, доцільно розглядати інтегровані підходи, спрямовані на енергозбереження та використання сонячної енергії.

Посилання

1. Казанський С. В. Надійність електроенергетичних систем : навч. посіб. / С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, Б. М. Сердюк. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – С. 216
2. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016 – С. 263
3. Надтока Т.Б. Енергетична безпека підприємства як інструмент забезпечення його сталого соціально-економічного розвитку / Т.Б. Надтока, О.В. Амеліницька // Економіка та організація управління. – 2010. – Вип. № 2 (8). – С. 15-24.
4. Сак Т.В. Стратегія енергозбереження підприємства: сутність, чинники, етапи формування // Глобальні та національні проблеми економіки. – 2016. – Вип. 11. – С. 494 - 497.
5. Кириленко О. В., Трач І. В. Технічні особливості функціонування енергосистем при інтеграції джерел розподіленої генерації / О. В. Кириленко, І. В. Трач // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2009. – Вип. 24. – С. 3–7.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМІЧНОЇ ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ТРУБНОГО ІНСТРУМЕНТУ

*PhD (Матеріалознавство), викладач¹ Л.С. Кривчик,
здобувач², викладач-методист¹ В.Л. Пінчук*

¹ВСП «Нікопольський фаховий коледж УДУНТ»

*Зав. каф.², докт. техн. наук, професор Л.М. Дейнеко,
декан ф-ту³, канд. техн. наук, професор² Т.С. Хохлова*

²Кафедра матеріалознавства і термічної обробки металів

³Нікопольський факультет (НФ) УДУНТ

Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)

*Ст. наук. співр.⁴, пров. наук. співр.⁵,
докт. техн. наук, професор⁶ В.О. Столбовий*

⁴Національна академія наук України

⁵Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»

*⁶Харківський національний автомобільно-дорожній ун-т
м. Харків, Україна*

Аспірант⁷, заст. директора з виробництва⁸ А.В. Панченко

⁷Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Сумський державний університет

⁸«ТОВ Карбаз»

м. Суми, Україна

В останні десятиліття у виробництво продовжують активно впроваджуватися нові режими та технології термічної та комбінованих обробок (в т.ч. і хіміко-термічної обробки - ХТО) стосовно різних видів металовиробів. Відомо, що конструктивна міцність металовиробів багато в чому визначається структурним станом металу або сплаву і рівнем його напруженого стану, якими можна керувати цілеспрямовано за рахунок використання термічної або комбінованої обробки. Розвиток машино-, приборобудування, авіаційної та ракетно-космічної, будівельної, текстильної і інших галузей вимагають ефективного вирішення проблем підвищення рівня властивостей металовиробів в умовах різноманітних видів нагрівання, зносу поверхні деталей, працюючих в корозійних середовищах, високих або низьких температур та інших екстремальних умовах.[4]

Сучасні процеси ХТО в 3-5 разів інтенсифікують дифузійне насичення (до 2-6 год для отримання шарів 0,8-1,2 мм), підвищують якість зміцнених шарів, значно знижують витрату електроенергії (на 80-90%) і технологічних газів. До таких сучасних процесів ХТО належать, наприклад:

-каталітична газова цементация;

-вакуумна та іонно-вакуумна (іонна) цементация (реалізується за температур від 785 до 1205⁰С) або нітроцементация (від 785 до 920⁰С) - здійснюється в атмосферах низького тиску (метан, ацетилен, етилен у суміші

з воднем або без нього), без додаткової інтенсифікації технологічного процесу зовнішнім електричним полем, що підтримує в робочій камері тліючий розряд;

- іонно-плазмове азотування;
- карбонітрація, борування, дифузійна металізація.

Найширшого поширення набули процеси ХТО, під час яких метал виробів насичується вуглецем і/або азотом. Вуглець і азот, розчиняючись у залізі за способом впровадження, порівняно швидко дифундують з поверхні металу на потрібну глибину, а наступні режими термообробки різко змінюють структуру і властивості шару металу, насиченого цими елементами, порівняно з вихідним металом. Це дає змогу отримувати після цементації, загартування і відпуску на робочій поверхні деталей шар металу з високою твердістю, зносостійкістю, ерозійною стійкістю, контактною витривалістю і втомною міцністю під час вигину. Метал деталей, що знаходиться під таким шаром, має досить міцний стан за прийнятних значень пластичності та в'язкості, що надає загалом деталям високу конструктивну міцність.[5]

Основні фактори, що впливають на процес дифузії при ХТО:

- кристалічна структура розчинника – дифузія таких елементів як вуглець, азот, цинк, хром, молібден, вольфрам та інших протікає в α -залізі швидше, ніж у γ -залізі;

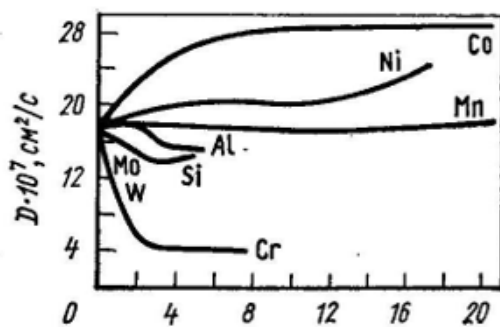
- природа дифузного елемента - зі збільшенням атомного діаметра дифузного елемента енергія активації дифузії зростає. Найбільший коефіцієнт дифузії в залізі мають елементи з малим атомним діаметром (водень, азот, вуглець, бор), що утворюють тверді розчини втілення;

- концентрація дифузного елемента - впливає як на коефіцієнт дифузії елемента, так і на коефіцієнт самодифузії основного металу. Наприклад, вуглець прискорює самодифузію заліза у сталі з концентрацією вуглецю 1,1% коефіцієнт самодифузії заліза при 960°C у 16 разів більше, ніж у безвуглецевому залізі. Коефіцієнт дифузії вуглецю при температурі 1127°C сталі з концентрацією вуглецю до 0,8% змінюється мало, а при збільшенні концентрації вуглецю до 1,7% різко збільшується;

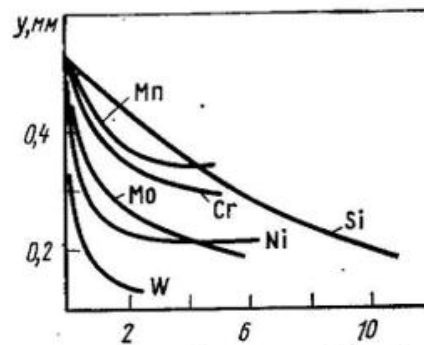
- наявність в основному металі легуючих елементів. Введення в основний метал легуючих елементів може або прискорювати або уповільнювати швидкість дифузії насичуючого елемента. Дифузію вуглецю в аустеніті збільшують некарбідоутворюючі елементи – нікель, кобальт, мідь, сірка, фосфор, (кремній збільшує дифузію вуглецю в аустеніті до $\approx 950^\circ\text{C}$, а при підвищенні температури уповільнює), а карбідоутворюючі елементи (марганець, вольфрам та ін.) уповільнюють її, при цьому вольфрам сильніше уповільнює (≥ 2 рази) дифузію вуглецю порівняно з молібденом, а хром у 20 разів уповільнює дифузію вуглецю порівняно з марганцем. Але при цьому всі карбідоутворюючі елементи підвищують концентрацію вуглецю в поверхневому шарі та призводять до прискорення процесів ХТО. Некарбідоутворюючі елементи знижують початкову концентрацію вуглецю і через цей фактор уповільнюють процес ХТО. [6]

Кисень уповільнює дифузію вуглецю, але підвищує дифузію азоту, а азот підвищує дифузію вуглецю. Вуглець суттєво уповільнює дифузію багатьох елементів у залізі.

На рисунках 1, 2 та 3 наведено вплив легуючих елементів на процеси дифузії вуглецю та азоту при ХТО. При азотуванні практично всі легуючі елементи зменшують глибину дифузійного шару за рахунок утворення багатофазного шару, в якому кожен із шарів має свою енергію активації (Q) дифузії. Так, для дифузії азоту в аустеніті енергія активації $Q = 74-82$; для нітриду Fe_4N (γ' -фаза) $Q = 96$, а для Fe_2N (ϵ -фаза) 149 кДж/г атом. Аналогічне явище спостерігається і при боруванні, алітуванні та інших процесах ХТО.



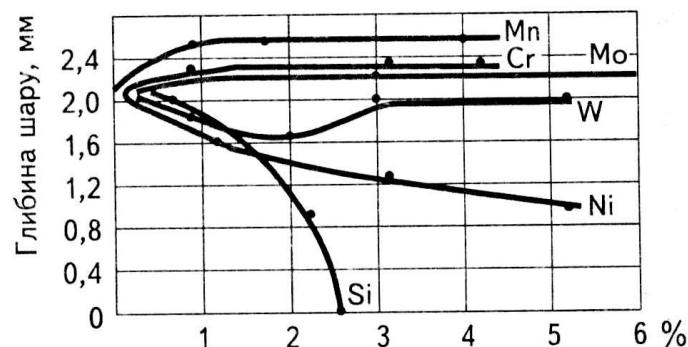
Легуючий елемент, % (ат.)



Легуючий елемент, % (ат.)

Рисунок 1 – Вплив легуючих елементів на коефіцієнт дифузії (D) вуглецю в аустеніті (0,4%; 1200°C)

Рисунок 2 – Вплив легуючих елементів на глибину дифузійного шару (y) при азотуванні



Вміст легуючих елементів, %

Рисунок 3 – Вплив легуючих елементів на глибину цементації, [7]

- спрямованість дифузії. Дифузія в металах може проходити по поверхні виробу, по кордонах зерен та по об'єму зерен, при цьому найбільший коефіцієнт дифузії характерний для дифузії елементів по

поверхні, середнє його значення встановлено для меж зерен і мінімальне значення для дифузії по об'єму зерен;

- дефектність кристалічної решітки основного металу. Наявність у металі виробів внутрішніх напружень та дефектів решітки прискорює дифузію елементів. Значно прискорює дифузію попередня ХТО деформація. Відомо, що швидкість дифузії нікелю в мідь після її деформації підвищилася в 1000 разів. Прискорення дифузії елементів відзначається головним чином площинами зсуву і межами зерен. Підвищення щільності дислокацій призводить до збільшення швидкості дифузії, що пов'язують і з підвищенням концентрації вакансій, що супроводжують цей процес;

- швидкість нагрівання виробів. Підвищення швидкості нагріву металу при ХТО прискорює процес насичення та збільшує глибину проникнення насичувальних елементів, що пов'язують із зміною умов утворення аустеніту та розмірами його зерен та субзерен (зі збільшенням швидкості нагріву довжина кордонів зростає через подрібнення зеренної та субзеренної структури, що прискорює дифузію);

- форма і розмір поверхні, що насичується. Відзначається максимальна концентрація насичуючого елемента в поверхневому шарі циліндричних деталей і мінімальна у разі ХТО поверхонь зі зворотною кривизною (наприклад, поверхня стінок отворів), середня для плоскої поверхні. Розмір оброблюваної деталі (відіграє роль більшою мірою товщина виробу) відбивається на швидкості дифузії наступним чином: при наскрізному проникненні насичувальних елементів в метал дифузійні потоки сходяться в центрі товщини металу деталі і після цього уповільнюється відведення елементів вглиб деталі, при цьому відбувається прискорення насичення металу (на відміну від ненаскрізного насичення металу виробу, коли частина насичуючого елемента йде у глибинні шари);

- магнітне перетворення та вплив випромінювань. Встановлено на сталях та сплавах, що коливання температури поблизу точки Кюрі прискорюють процес дифузії. Вважається, що підвищення щільності дефектів кристалічних ґраток (насамперед, вакансій та втілених атомів) при радіаційному впливі на метал має призвести до збільшення швидкості дифузії.[8]

Ґрунтуючись на фізико-хімічній характеристиці активної фази, з якої поставляється дифундуючий елемент, Дубінін Г.М. запропонував класифікацію методів ХТО:

- насичення з твердої фази;
- насичення з парової фази;
- з газової фази;
- з рідкої фази.

За характером зміни хімічного складу металу виробу, що обробляється, всі різновиди ХТО можна розділити на три групи:

- дифузійне насичення неметалами;
- дифузійне насичення металами;

- дифузійне видалення елементів.

Ці групи включають різноманітні промислові процеси ХТО.[9]

Останнім часом з'явилися та застосовуються нові види термічної та хіміко-термічної обробки (карбонітрування — високотемпературна нітроцементация, нікотрування — низькотемпературна нітроцементация, іонне азотування, азотування в магнітному полі, лазерна хіміко-термічна обробка та ін.) й термічної обробки металів (нагрівання у псевдокиплячих середовищах — киплячих шарах; поверхнєве лазерне гартування сталі; термомеханічна й термоциклічна обробка тощо).[10]

Високотемпературна нітроцементация подібна до газової за обладнанням і пристроями, що використовуються, а також за процесом термообробки деталей. Вона має низку переваг: деталі після обробки набувають вищої зносо-, тепло- та корозійної стійкості, підвищеної міцності. Скорочується тривалість процесу, що відбувається при нижчій температурі (800...900 °С замість 930...960 °С), меншим стає жолоблення деталей.[11,12]

Суть процесу полягає в дифузійному насиченні поверхні деталі вуглецем і азотом при нагріванні до температури 800...900 °С у присутності газового насичувального середовища: аміаку і карбюризатора у вигляді газу або рідини, які одночасно вводять у піч. Застосовують також триетаноламін, однак частіше на заводах із масовим виробництвом використовують ендо- або екзогаз із додаванням природного газу й аміаку.

Низькотемпературна нітроцементация подібна до низькотемпературного рідинного ціанування. Іноді цей процес називають ще низькотемпературним газовим ціануванням, або нікотруванням. Основне його призначення — підвищення твердості поверхні деталі, міцності, довговічності, опору спрацюванню. Процес забезпечує добру пророблюваність деталей і витривалість. Здебільшого його застосовують для обробки інструментів з метою підвищення їх стійкості. Процес нетоксичний, легко підтримується сталій склад середовища, що є важливою перевагою порівняно з рідинним ціануванням, однак він триваліший, перебігає при температурі 560...580 °С й потребує прискореного охолодження деталей в маслі або захисних газах.[13]

Для прискорення процесу азотування останнім часом усе частіше застосовують енергію тліючого або вакуумно-дугового розряду — *іонне азотування*. Процес *азотування* виконують також у *магнітному полі*, що значно збільшує глибину дифузійного шару в легованих сталях. Магнітне поле створюють в електричних печах (рис. 4) за допомогою нагрівника 5 з ніхромового дроту у вигляді соленоїда. Для цього на каркас 2 з нержавіючої сталі намотують ізольований фарфоровими ізоляторами ніхромовий дріт. Деталі 6 завантажують у нагрівальний простір 4 контейнера 3, який щільно закривають кришкою 1, подають аміак і пропускають по обмотці соленоїда електричний струм, створюючи магнітне поле, що проходить крізь товщу оброблюваних деталей, нагрітих до температури 550...560 °С. [14,15]

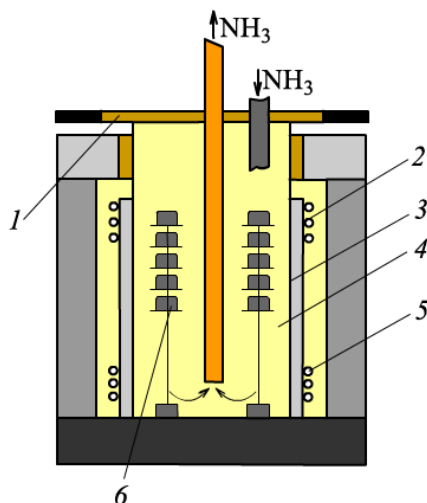


Рисунок 4 - Схема установки для азотування сталевих деталей в магнітному полі:

1 – кришка; 2 – каркас; 3 – контейнери; 4 – нагрівальний простір; 5 – нагрівник; 6 – деталь

Насичення легуючими елементами при лазерній хіміко-термічній обробці відбувається шляхом дифузії і масоперенесення у твердій фазі, із плазми, і рідкої фази, при цьому можливе конвекційне і суто механічне переміщення розплаву в зоні дії лазерного імпульсу. [16,17]

Перед обробкою на поверхню виробу наносять легуючі елементи такими способами: накатуванням фольги з легуючого матеріалу; електролітичним, або хімічним осаджуванням; напиленням; електроіскровим легуванням; нанесенням порошків або обмазок. Лазерна хіміко-термічна обробка здійснюється в режимі розплавлення. Використовують лазерну хіміко-термічну обробку для цементації, азотування, борування дифузійної металізації заліза, сталі і таких металів, що не мають поліморфних перетворень, як Al, Ni, Cu. Після лазерного борування досягається високий опір зношуванню при різних схемах прикладання навантаження й умовах тертя. Легування бором знижує коефіцієнт тертя матеріалів, підвищує зносостійкість виробів.[18]

Застосування лазерів для термічної обробки засноване на трансформації світлової енергії в теплову. Висока концентрація енергії у світловому потоці оптичного квантового генератора дозволяє нагрівати поверхню до температурного діапазону термообробки за дуже короткий час. (Рис.5)

Механізм лазерної термічної обробки полягає у фазовому перетворенні матеріалу після його швидкісного нагрівання до температур вище температур фазової перекристалізації (температур плавлення) з наступним швидким охолодженням обробленої зони шляхом відведення теплоти за рахунок теплопровідності матеріалу виробу. Швидкість охолодження при температурі нагрівання нижче температури плавлення $(5\text{—}10) \cdot 10^3 \text{ }^\circ\text{C/с}$, при кристалізації з рідкого шару — $10^6 \text{ }^\circ\text{C/с}$, що в 10^3 рази більше від звичайної швидкості гартування. Лазерна термічна обробка дозволяє підвищити твердість і зносостійкість матеріалів.

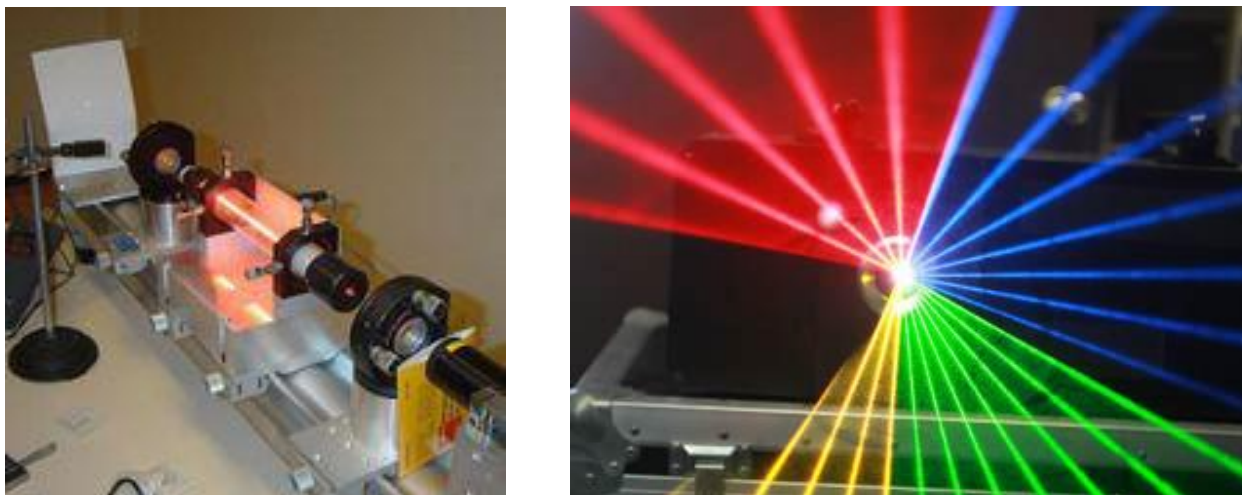


Рисунок 5 – Твердотільний лазер

Останнім часом у машинобудуванні все ширше застосовують комплексні методи поверхневого зміцнення виробів. Так, наприклад, локальне нагрівання лазерним променем у зоні обробки поєднують з наступним або сумісним ультразвуковим зміцненням. Поєднання цих методів дозволяє отримувати високі швидкості нагрівання (10^{10} °C/c), охолодження (10^6 — 10^8 °C/c) і деформації, внаслідок чого в поверхневому шарі утворюється дрібнодисперсна структура, що забезпечує виробам високі експлуатаційні характеристики.[19]

Псевдокипляче середовище (або киплячий шар) забезпечує швидкісне безокисне нагрівання металу, інтенсифікує процеси його термічної та хіміко-термічної обробки, поліпшує умови праці, підвищує її продуктивність, усуває окалиноутворення і зневуглецювання та зменшує викривлення деталей. Киплячий шар містить тверді частинки сипучого матеріалу, як правило, кварцового піску, корунду, подрібненої руди, суміші графіту з вуглекислими солями й іншими вогнетривкими домішками, які інтенсивно перемішуються завдяки вібрації, створеної аеродинамічними або іншими методами, найчастіше висхідним потоком повітря або газів, що зовні нагадує киплячу рідину. Частинки розміром 0,05—2 мм, які знаходяться на газорозподільній решітці в печі або у ванні, за певних умов спиратимуться не на решітку, а на потік газу, що надає їм рухомості, внаслідок чого вони набувають деяких властивостей рідини. Тому таке газове середовище із завислими та рухомими в ньому твердими частинками ще називають *псевдокиплячим*. Його використовують для інтенсифікації цементації, нітроцементації, азотування й інших хіміко-термічних процесів обробки сталей. У шарі кварцового піску, який нагадує киплячу рідину, розміщують деталі, що містяться у спеціальних кошиках, таким чином, щоб вони стикалися з твердими частинками сипкого матеріалу. При контакті їх із киплячим шаром відбуваються теплопередача і нагрівання деталей. Відповідною подачею повітря або газу регулюється інтенсивність процесу нагрівання. [20,21]

Нагрівання теплоносія в установці здійснюється газовим полум'ям або електричним способом. Такого типу установки можна застосовувати для швидкісного нагрівання деталей замість соляних і селітрових ванн та інших печей.

Матеріали та методика досліджень

Для досліджень були виготовлені матричні кільця з сталі 5X3B3MΦC, голки-оправки з сталі 4X5MΦ1C, експандери трубопрофільних пресів зі сталі 4X4BMΦC, ролики і опорні планки станів ХПТР зі сталі 4X5MΦ1C. Для виготовлення голок-оправок для пресування труб та матричних кілець, опорних планок і роликів станів ХПТР найчастіше використовують вториннотвердіючі штампові сталі 4X5MΦ1C і 5X3B3MΦC, а експандерів сталь 4X4BMΦC, які піддають термічній обробці. Хімічний склад сталей наведений в табл.1,2,3

Таблиця 1- Хімічний склад сталі 4X5MΦ1C, % по масі (ДСТУ 3953-2000), AISI 4140 (USA)

C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Ni	Cu	S	P
						не більше			
0,32	0,90	0,20	4,50	0,30	1,20	0,35	0,30	0,30	0,03
0,40	1,20	0,50	5,50	0,50	1,50				

Таблиця 2- Хімічний склад сталі 5X3B3MΦC, % по масі (ДСТУ 3953-2000) AISI H11 (USA)

C	Si	W	Mn	Cr	V	Mo	Ni	Cu	S	P
							Не більше			
0,45-0,55	0,8-1,1	2,8-3,3	0,15-0,45	2,5-3,5	0,3-0,5	1,2-1,5	0,35	0,30	0,03	0,03

Таблиця 3- Хімічний склад сталі 4X4BMΦC, % по масі (ДСТУ 3953-2000) AISI H11 (USA)

C	Si	W	Mn	Cr	V	Mo	Ni	Cu	S	P
							Не більше			
0,37-0,44	0,6-1,0	0,8-1,2	0,2-0,5	3,2-4	0,6-0,9	1,2-1,5	0,6	0,30	0,03	0,03

Традиційна технологія термозміцнення інструменту з штампових сталей уявляє собою загартування з наступним відпуском. Загартування проводиться для розчинення значної частини карбідів і одержання високолегованого мартенситу. Тому температури загартування – підвищені й обмежуються лише необхідністю зберегти дрібне зерно й достатню в'язкість.[22,23]

Наступний відпуск викликає додаткове зміцнення внаслідок дисперсійного твердіння. Для підвищення в'язкості його виконують найчастіше при більш високих температурах на більш низьку твердість: 45 – 52 HRC і трооститну структуру, або структуру мартенсит відпущений і карбіди. (Рис. 6).

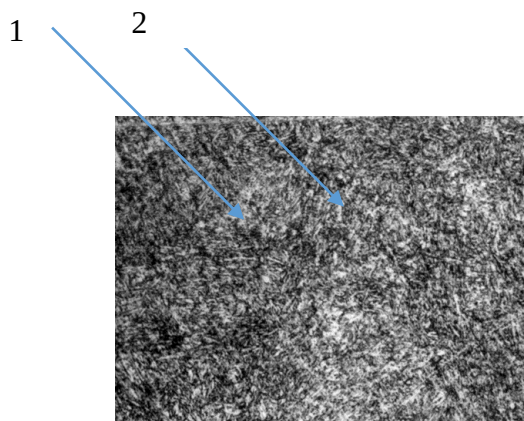


Рисунок 6 – Мікроструктура сталі 4Х5МФ1С після загартування від 1070°С і відпущеної при 550°-570°С (1 відпуск), 530°-550°С (2 відпуск) (мартенсит відпущений та карбіди), *500

Нагрівання до 1080–1100°С створює досить повне насичення аустеніту (мартенситу) і високі міцнісні властивості. Більше нагрівання не потрібне; воно уже мало поліпшує теплостійкість, але викликає значний ріст зерна в сталях до бала 8 (при 1150°С) і сильно погіршує в'язкість, пластичність і розгаростійкість. При загартуванні важливим завданням є захист від обезвуглецювання; оскільки температури загартування – високі. Обов'язкове застосування заходів захисту; найбільш доцільне нагрівання в соляних ваннах.[24]

Після загартування дані сталі рекомендується підстужувати на повітрі до 950 – 900°С, а потім прохолоджувати в маслі або полімерних загартувальних середовищах для можливості регулювання процесу загартування. Aqua-Quench 400 – високоякісне полімерне гартівне середовище, розроблене на основі акрилату для обробки сталей як низького, так і високого загартування.

Операцію відпуску виконують негайно після загартування з метою попередження тріщин. Як правило, відпуск роблять на твердість 45 – 52 HRC. Оскільки при нагріванні для відпуску в структурі зберігається багато аустеніту, доцільне проведення дворазового відпуску. Температура другого відпуску може бути на 10 – 20°С нижче, а його тривалість на 20 – 25% менше, чим першого відпуску. Охолодження після відпуску проводиться на повітрі.[25]

Ефективним способом зміни складу поверхневого шару штампового інструмента, що забезпечують необхідний комплекс властивостей його робочої поверхні, є хіміко-термічна обробка.

В роботі 3(три) кільця з сталі 5Х3В3МФС діаметром 73,5 мм і 71,5 мм і 2 (два) кільця з сталі 4Х5МФ1С діаметром 73,5 мм, а також 3 (три) ролика з сталі 4Х5МФ1С шириною 65 мм під діаметр труби 16 мм і 3 (три) опорні планки з сталі 4Х5МФ1С довжиною 210 мм, шириною 80 мм і висотою 47,42 мм були піддані іонному азотуванню в плазмі двоступеневого

дугового розряду в модифікованій установці «Булат-6» в лабораторії плазмотехнологій Інституту фізики твердого тіла ННЦ ХФТІ (м.Харків). (Рис.7). Після проведення азотування азотований шар на поверхні складається з нітридної зони Fe_{2-3}N (ϵ -фаза) і Fe_4N (γ' -фаза) і підслою азотистого ферита (α -фаза), в якому при охолодженні виділяються нітриди хрому, молібдену, алюмінія (Рис. 8).



Рисунок 7 - Вакуумно-дуговий випаровувач установок серій «Булат-6»

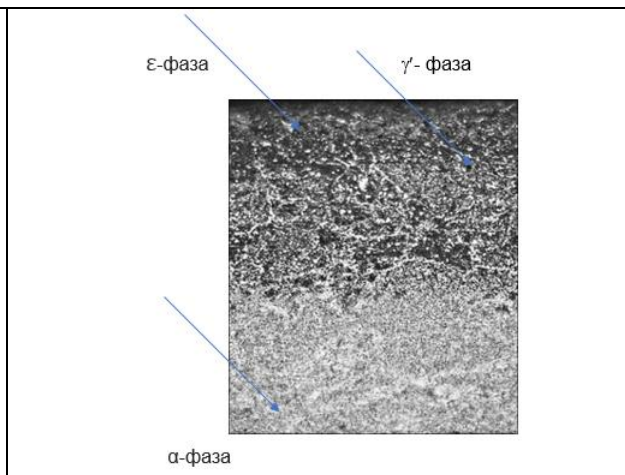


Рисунок 8- Мікроструктура зміцненого шару сталі 4X5MФ1С після іонно-плазменого азотування, х 200

Найбільш надійну оцінку результатів хіміко-термічної обробки дають металографічні дослідження, які дають відомості про товщину і будову шару з'єднань і дифузійного шару. Також були проведені електронні дослідження металографічних шліфів (вихідні шліфи були порізані на тонкі зразки по 5 мм), приготовлені і піддані вивченню на растровому електронному мікроскопі (РЕМ), висока дозволена здатність (до 60 А) і виняткова глибина різкості якого роблять його майже незамінним для металографічних досліджень. Замір твердості поверхні зразків після ХТО був виконаний за допомогою мікротвердоміра (мікроскопа) - типу ПМТ-3 при навантаженні 100гс $\text{HV}_{0,1}$. [26]

Зміна твердості інструментальної сталі після іонно-плазменого азотування в залежності від глибини визначення твердості показана на рисунку 9.

При проведенні іонно-плазмового азотування можлива зміна послідовності технологічних операцій, тобто спочатку проводиться азотування інструменту, а потім його високотемпературна обробка. Три експандери довжиною 185 мм були встановлені в модернізовану вакуумно-дугову установку типу «Булат-6». Вакуумну камеру відкачували до тиску $P = 0,004$ Па, напускали азот до тиску 0,3 Па, включали двоступеневий дуговий газовий розряд при струмі 100 А і при негативному потенціалі на виробі 1300 В підтримували температуру 650°C протягом 2 годин. Після проведення глибокого азотування на глибину 1,5-2 мм було проведено загартування з

відпуском. Фазовий склад азотованого шару, в основному, визначається сполукою Fe_4N , розчином азоту в залізі $\alpha\text{-Fe}$, а також нітридами легуючих елементів. При цьому значно прискорюється процес азотування, оскільки атоми азоту легше проникають в незагартовану сталь. Механічну обробку можна проводити тільки один раз після завершення процесу хіміко-термічної обробки. [27]

Потім інструмент нагрівають за технологією попереднього нагріву до $\approx 600\text{-}650^\circ\text{C}$, витримка, нагрів до температури $\approx 900\text{-}950^\circ\text{C}$, витримка, подальший нагрів до температури загартування $\approx 1050\text{-}1100^\circ\text{C}$, витримка, охолодження в маслі або полімерному середовищі і піддають відпусканню, при цьому перший відпуск здійснюють при температурі не вище $240\text{-}250^\circ\text{C}$, другий відпуск при $\approx 470\text{-}500^\circ\text{C}$ і фінішний відпуск при $\approx 550\text{-}570^\circ\text{C}$. Після цього проводять механічну обробку виробів, тобто видаляють припуск разом з дефектним окисленням шаром (окалиною) і отримують чистові розміри інструменту. При цьому усуваються також відхилення від геометричних розмірів (повідки), які зазвичай мають місце при термічній обробці виробів складної форми. На обробленій таким чином поверхні забезпечується присутність азотованого шару з твердістю 9 ГПа, тобто вище звичайної для загартованої і відпущеної даної марки сталі 7 ГПа. На обробленій поверхні забезпечується присутність азотованого шару, що містить γ' -фазу і твердий розчин азоту в залізі з твердістю вище стандартної для даної марки сталі і товщиною в кілька сот мікрометрів.

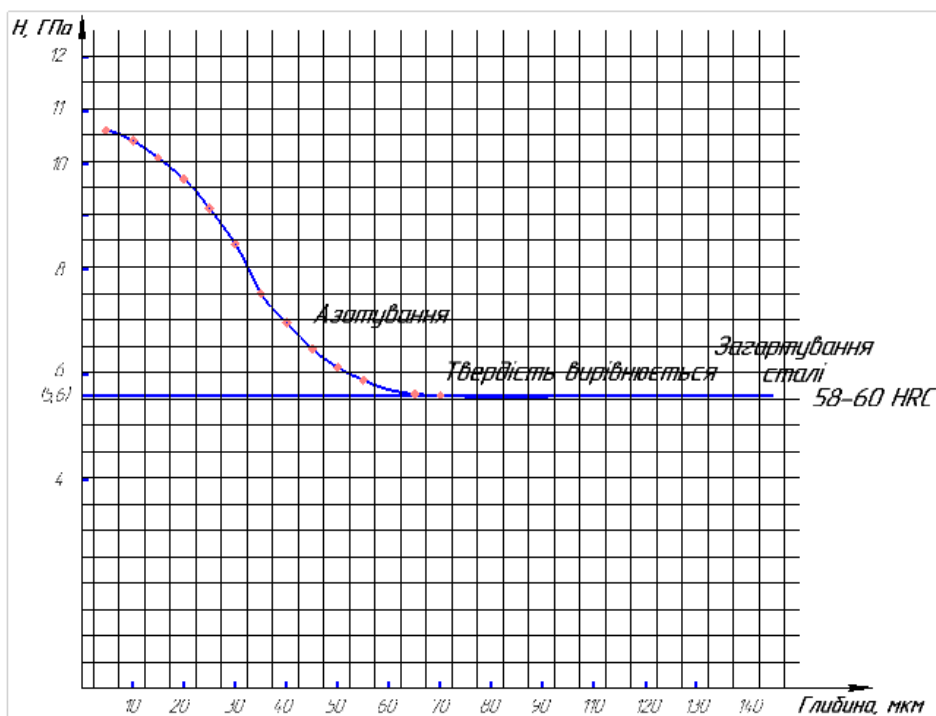


Рисунок 9 - Зміна твердості інструментальної сталі 4X5МФ1С для виготовлення інструменту станів ХПТР після іонного азотування в залежності від глибини визначення твердості, [28]

Карбонітрація голок-оправок і матричних кілець для пресування труб була проведена на ТОВ «Карбаз» (м.Суми).(Рис.10) Основними перевагами карбонітрації є: зміцнення деталей з будь-яких марок сталі і чавуну; висока швидкість насичення. За 1-4 години на поверхні формується зміцнений шар, по глибині і твердості аналогічний або більший, що одержаний за 10-60 годин традиційного азотування; рівномірність нагріву і насичення. Відсутнє викривлення, забезпечується висока точність; зміцненню піддаються остаточно механічно оброблені деталі; не потрібно наявності додаткового припуску; підвищення втомної міцності на 50-80%. Після карбонітрації на поверхні інструменту формується зміцнений шар, що складається з декільких зон (верхній шар являє собою ϵ - карбонітрид типу $Fe_3(NC)$, під яким розташовується зона γ^1 - фази типу $Fe_4(NC)$, під якою знаходиться дифузійна зона (гетерофазний шар), яка складається з твердого розчину вуглецю і азоту в залізі з включеннями карбонітридних фаз, твердість якої значно вища твердості серцевини.(Рис.11)



Рисунок 10 - Карбонітрація трубопресового інструменту на ТОВ «Карбаз»

Результати заміру твердості інструменту (кілець і голок-оправок) та зразків сталей, що досліджуються, після карбонітрації наведені в таблиці 4 і 5.

Таблиця 4. Режими термічної обробки інструменту

Марка сталі	Обробка	HV
4X5MФ1С	Загартування + відпуск+ карбонітрація	986; 966; 946
ДІ-23 (5Х3В3МФС)	Загартування + відпуск + карбонітрація	1095; 1027; 1120

Таблиця 5. Результати заміру твердості дослідних зразків інструменту після різних режимів термозміцнення

Марка сталі	Температура загартування, °C	Температура відпуску, °C		Температура карбонітрації, °C	Твердість HV
		I	II		
4X5МФ1С	1070	550-570	530-550	-	600-650
4X5МФ1С	1070	550-570	530-550	560-580	986-1027
4X5МФ1С	1070	550-570	530-550	560-580	960-1030
5Х3В3МФС	1080	550-570	530-550	560-580	1145-1171
5Х3В3МФС	1080	550-570	530-550	560-580	1120-1197

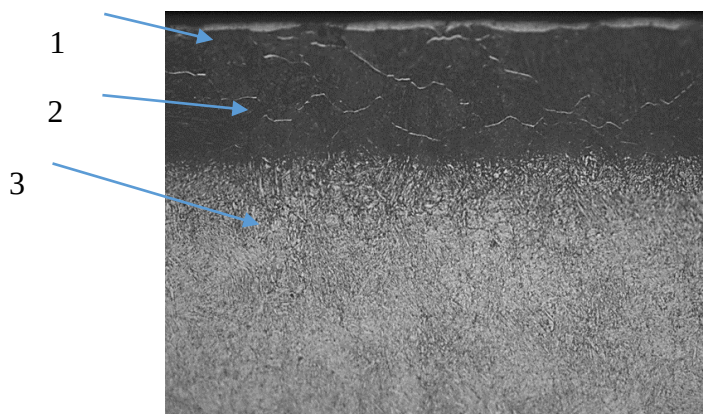


Рисунок 11 - Мікроструктура зміцненого шару сталі 4X5МФ1С після карбонітрації, х 200 (1 - карбонітрид типу $\text{Fe}_3(\text{NC})$ (1), під яким розташовується зона γ^1 - фази типу $\text{Fe}_4(\text{NC})$, (2) під якою знаходиться дифузійна зона (гетерофазний шар), яка складається з твердого розчину вуглецю і азоту в залізі з включеннями карбонітридних фаз (3))

Випробування інструменту після зміцнюючої обробки виконано на пресовій дільниці ТОВ «ВО ОСКАР» (м. Дніпро) і м. Нікополь (ХПТР) (Рис.12,13)



Рисунок 12 - Випробування трубного інструменту на ТОВ «ВО ОСКАР» (м. Дніпро)



Рисунок 13 - Випробування трубного інструменту на ТОВ «ВО ОСКАР» (м. Нікополь)

Результати випробувань: якщо стійкість матричних кілець зі сталі 5X3B3MΦC (ДІ-23) після звичайного термозміцнення складає 4 – 6 пресувань, то кільця з більш економнолегованої безвольфрамкової сталі 4X5MΦ1C, додатково піддані хіміко-термічній обробці (іонному азотуванню в плазмі ДВДР) показали стійкість 9 – 10 пресувань, внаслідок більш високої твердості, теплостійкості, утворення особливої структури на поверхні, внаслідок проведення іонного азотування.[29]

Якщо стійкість голок-оправок після звичайного термозміцнення складає 50 – 80 пресовок, то голки, додатково піддані хіміко-термічній обробці (карбонітрації) показали стійкість 100-130 пресовок внаслідок більш високої твердості, зносостійкості, теплостійкості, утворення особливої структури на поверхні внаслідок проведення карбонітрації в розплавах солів ціанатів і карбонатів. Якщо стійкість матричних кілець після звичайного термозміцнення складає 4 – 6 пресовок, то кільця, додатково піддані хіміко-термічній обробці (карбонітрації) показали стійкість 7 – 9 пресовок внаслідок більш високої твердості, теплостійкості.[30]

Якщо стійкість експандерів з сталі 4X4BMΦC після звичайного термозміцнення складає 80-100 пресовок, то після проведення глибокого азотування на глибину 1,5-2 мм і послідовного загартування з відпуском вона збільшується до 130-140 пресовок внаслідок утворення на поверхні нітридів заліза і легуючих елементів і як наслідок збільшення твердості і зносостійкості поверхні і експлуатаційної стійкості експандерів.[31]

Висновки:

1. Спосіб хіміко-термічної обробки дає можливості збільшити ресурс роботи трубного інструменту. Це досягається за рахунок створення на його поверхні азотованого шару в газовій плазмі вакуумно-дугового розряду шляхом проведення операцій іонного азотування і термічної обробки. Як видно по глибині сталь набуває більшу твердість в порівнянні зі звичайним

загартуванням. Таким чином, така методика модифікації поверхні є перспективною для підвищення стійкості гартованих сталей як з низькою, так і з високою температурою відпуску.

2. Проведення хіміко-термічної обробки після загартування з відпуском інструментальної сталі 4X5MФ1С, 5X3B3MФС (іонного азотування в плазмі ДВДР, карбонітрації), для сталі 4X4BMФС іонного азотування, а потім загартування з відпуском значно на 30-40% збільшує експлуатаційні властивості інструменту і термін його експлуатації, а також якість його поверхні, що значно збільшує якість внутрішньої поверхні корозійностійких труб.

Посилання

1. Гарнець В.М., Коваленко В.М. Конструкційне матеріалознавство: підручник. Київ: Либідь, 2007. 190 с
2. Бялік О.М., Черненко В.С. Металознавство: підручник 2-е вид., переробл. і допов. Київ: Політехніка, 2008. 384 с.
3. Логойда І. О. Хіміко-термічна обробка сталей: навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2017. 292 с.
4. Стефановський Ю.В. Технологія термічної обробки металів і сплавів: підручник. К.: Вища школа, 2008. 384 с.
5. Косенко В.А., Кадомський С.В. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство: підручник. Київ: Університет «Україна», 2012 р. 267 с.
6. Мельник В.С., Сабол С.Ф., Бородій Ю.П., Кліско А.В. Інструмент для пресування труб. Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування», 2010. С. 51-52.
7. Друян В. М., Гуляєв Ю.Г., Чукмасов С.О. Теорія та технологія трубного виробництва: підручник. Дніпро: VAL, 2000. 587 с.
8. Кузьмич В. О., Косенко В.М., Бузенко Л.В. Технологія виробництва сталевих труб методом гарячого пресування: підручник. Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 224 с.
9. Гавриленко О. В. Основи технології виробництва труб методом гарячого пресування: навчальний посібник. Харків : ХНАДУ, 2017. 144 с.
10. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Цеханський Д.Н., Пінчук В.Л. Особливості виробництва труб пресуванням. Шляхи підвищення стійкості трубопресового інструменту, XIII-а Всеукраїнська конференція «Молоді вчені 2023 – від теорії до практики» м. Дніпро 23 березня 2023 р.
11. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С. Використання хіміко-термічної обробки для покращення експлуатаційних властивостей трубопресового інструменту // Матеріали Всеукраїнської конференції «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку» Національна металургійна академія України, м. Дніпро, 18 грудня 2019 р. С. 72-76.
12. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Хохлова Т.С. «Шляхи зміцнення трубопресового інструменту для виробництва корозійностійких труб з метою покращення його експлуатаційних характеристик» // V Международная научно- практическая конференция THEORY AND PRACTICE OF SCIENCE: KEY ASPECTS. Рим. Італія. 7-8 ноября, 2021, С. 349-371
13. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Хохлова Т.С., Столбовий В.О. Зміцнення інструменту для холодної роликової прокатки корозійностійких труб шляхом проведення хіміко-термічної обробки і нанесення зносостійких покриттів //XVI-а міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті» Болгарія Технічний університет м. Варна, 31 травня – 03 червня 2021 р С. 88-95
14. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Хохлова Т.С. Вибір зміцнюючої технології трубопресового інструмента для виробництва нержавіючих труб // VIII Міжнародна науково-практична

- конференція «Modern problems in science», Прага, Чехія, 9-12 листопада 2020 р., С. 699-707
15. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Пінчук В.Л., Карпова Т.П. Інструмент для пресування нержавіючих труб і технологія його термічної обробки // Матеріали III Міжнародної конференції «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід» Нідерланди, м. Амстердам, 12-14 листопада 2019 р., С. 252-258.
16. Ломино С., Овчаренко В.Д., Полякова Г.Н., Андреев А.А., Шулаев А.М. Межэлектродная плазма вакуумной дуги в атмосфере азота. Сб. докл. 5-го Межд. симпозиума «Вакуумные технологии и системы», ISVTE-5. Харьков, 2002. С. 202-222.
17. Brading H.J., Morton P.H., Earweaker G. Plasma-nitriding with nitrogen, hydrogen and argon gas mixtures: Structure and composition of coating // Surf. Eng. 1992. v.8. №3. P 206-211.
18. Лахтин Ю.М., Крымский Ю.Н. Физические процессы при ионном азотировании. Защитные покрытия на металлах. 1968. в. 2., С. 225-229.
19. Andrea Szilagyi Biro. Trends of nitriding processes. Production Processes and Systems. 2013. vol. 6., №1. P. 57-66.
20. Axinte Mihai, Nejneru Carmen, Perju Manuela Cristina, Cimpoeșu Nicanor, Hopulele Ion, Research on hollow cathode effect and edge effect avoidance in plasma nitriding treatment. Tehnomus New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies, no.18, Suceava, 2011, P.181-184.
21. S.H. Yao. Evaluation of TiN/AlN nano-multilayer coatings on drills used for micro-drilling // Surface and Coatings Technology. 2005, v. 197, P. 351-357.
22. Саблев Л.П., Ломино Н.С., Ступак Р.И., Андреев А.А., Чикризов А.А. Двухступенчатый вакуумно-дуговой разряд: характеристики и методы создания. Сб. докл. 6-й Межд. конф. «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов». Харьков, 2005, ч. 2, С. 159 – 169.
23. С.Г.Цих, В.И.Гришин, А.В.Супов, В.Н.Лисицкий, Ю.А.Глебова Развитие процесса карбонитрации/ С.Г.Цих // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2010. – №9. – С. 7–12.
24. Chatterjee - Fisher R. (1990) Nitriding and carbonitriding: textbook. Per. with him. / R. Chatterjee – Fisher, F. Ayzell, edited by A.V. Supova.– М.: Metallurgy
25. Спосіб хіміко-термічної обробки трубопресового інструменту з інструментальної сталі: пат. на корисну модель № 146692 М.В.Могиленець, Л.С.Кривчик, К.О.Думенко, В.Л.Пінчук, Т.С.Хохлова – 10.03.2021 р.
26. Картмазов Г.Н., Андреев А.А. Формирование нанослойных TiNx-CrNx- покрытий методом вакуумно-дугового осаждения. Сб. докл. Харьковской нанотехнологической ассамблеи «Нанотехнологии-2008». Харьков: ННЦ ХФТИ, 2008, С.226-238.
27. Столбовий В.О. Фізико-технологічні основи формування багат шарових наноструктурних вакуумно-дугових покриттів на основі нітридів тугоплавких металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра тех. наук: 01.04.07. Харків, 2021, 36 с.
28. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Пінчук В.Л., Дейнеко Л.М., Столбовий В.О. Зміцнення трубопресового інструменту для виробництва корозійно стійких труб шляхом нанесення зносостійких нанопокриттів. Збірник наукових праць «Наносистеми, нанотехнології і наноматеріали», Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України. 2022. №3, т.20., С.693-714.
29. Куликов І. В. Вплив технологічних факторів на якість труб, отриманих методом гарячого пресування: дис. ... канд. техн. наук : 05.16.01. Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. Х., 2011. 197 с.
30. Фролов В.Ф. Данченко В.Н., Фролов Я.В. Холодная прокатка труб: монография. Днепропетровск: Пороги, 2005. 255 с.
31. Спосіб термічної обробки виробів з легованих інструментальних сталей: пат. 151611 Україна: МПК C21D 9/22, C23C 8/24; заяв. 14.04.2022 р., опубл. 18.08.2022 р. Л.С.Кривчик, В.Л.Пінчук, Л.М.Дейнеко, Г.І.Перчун

ЩОДО АНАЛІЗУ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗВЕДЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЦЕНТРІВ

*Аспірант Д.М. Лагутчев, канд. техн. наук П.І. Несевря
Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
м. Дніпро, Україна*

Аналіз стану зведення логістичних центрів підкреслює їх важливість у сучасній економічній інфраструктурі. У 2022–2024 роках в Україні, попри складні умови війни, спостерігається активний розвиток цієї сфери, з акцентом на адаптацію світових тенденцій до локальних потреб. Головними трендами є стійкість і адаптивність центрів, автоматизація, цифровізація, енергозбереження та інтеграція мультимодальної логістики. Важливими аспектами стали використання ВІМ-технологій для оптимізації процесів, створення мобільних та модульних об'єктів, а також стратегічне розташування поблизу європейських кордонів.

Серед типів логістичних центрів ключову роль відіграють розподільчі центри, складські комплекси, транспортно-логістичні хаби, холодильні склади, гуманітарні та митно-логістичні об'єкти. Україна також розвиває військові логістичні центри, що набули особливого значення в умовах війни. Особлива увага приділяється зменшенню впливу на довкілля через впровадження "зелених" технологій.

Основні виклики включають високу вартість будівництва, обмеженість фінансування, застарілу інфраструктуру та воєнні ризики. Однак Україна має значні можливості завдяки своєму географічному розташуванню, міжнародній підтримці та використанню передових технологій. SWOT-аналіз демонструє потенціал для подальшого розвитку, але також наголошує на потребі враховувати зовнішні загрози й екологічні виклики.

Посилання

1. "Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse" by Gwynne Richards, 2011, - p. 344
2. "Facilities Planning" by James A. Tompkins, John A. White, Yavuz A. Bozer, and J. M. A. Tanchoco, 2010, - p. 841
3. Logistics & Supply Chain Management by Martin Christopher, 2005, - p. 317
4. Ecommerce growth driving record warehouse development in 2021. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.knightfrank.co.uk/blog/2021/04/07/ecommerce-growth-driving-record-warehouse-development-in-2021>

PLANETARY "CLIMATE CRISIS" IS A PROBLEM FOR THE INTERNATIONAL COMMUNITY

*Doctor of technical science, professor Mr. V.Ye. Leonov
Kherson State Maritime Academy (until 2023), Ukraine*

1. Measures to reduce the consequences of the "climate" crisis.

The idea of the mechanism of the "greenhouse" effect was first outlined in 1827 by Joseph Fourier in the article "Note on the temperatures of the globe and other planets", in which he considered various mechanisms of the formation of the Earth's climate.

By us for the last 60 years an analysis [1,33p.], researches, is conducted on the accumulation of dioxide of carbon - basic component of «greenhouse» gases on a planet. This period of time was accepted coming from that exactly he is characterized by the most intensive consumption of hydrocarbon raw material of unrenovable character (oil, natural gas, coal, slates) and, accordingly, most emission of dioxide of carbon in an atmosphere and environment.

The emission of carbon dioxide, both general and only as a result of incineration, goes down in a row «coal → fuel oil → natural gas → hydrogen (down to zero).

Technical suggestions, that will allow to bring down emission of dioxide carbon and, accordingly, bring down the action of «greenhouse» effect, are below given:

1. Development and realization of low-waste, resource-saving technologies, allowing to bring down formation of material wastes and, as a result, bring down the emission of dioxide of carbon.

2. Extraction, concentration, collection, translation in the liquid aggregate state, storage and transporting of the liquefied dioxide of carbon.

3. Chemical conversion of dioxide carbon by the method of the catalytic hydrogenization in methanol [2, 217p.] and on the basis of methanol production of the plastic masses, urea-formaldehyde resins, hydrocarboxylic acids, fertilizers, pharmaceutical products, high-octane components of motor fuel, hydrogen, ethylene, protein-vitamin concentrate, hydrate inhibitor when mining of hydrocarbon gases.

In the Kherson State Marine Academy (a scientific leader is professor Leonov V.Ye.) research, experienced and experienced-industrial works are conducted on development of resource-saving, ecologically safe technologies and use of nonhydrocarbon raw material for providing of functioning of the manmade systems [3, p.425; 5,p.151].

Under the auspices of the UN, international "climate" summits are periodically held.

2. Analysis of the final conclusion of the UN climate conference (2015, Paris)

It should be noted that the climate summits held in Osaka (Japan, 1997), Paris (France, 2015), Baku (Azerbaijan, 2024, November 11-22) were held.

Over the analyzed period of time over the past 27 years, it should be noted that the quality of the environment, the biosphere is deteriorating, and their productivity is decreasing against the background of the growing population of the Planet.

From a practical point of view, it is of interest to consider and analyze the final conclusion of the Paris Climate Summit, given below.

The purpose of the agreement (according to Article 2) was to enhance implementation of the UN Framework Conference on Climate Change, in particular to keep the increase in global average temperature "well below" two (2) °C and to "make efforts" to limit the increase in temperature to 1.5 °C . The feasibility of warming limits within 1.5-2°C is determined by the volume of national financial contributions, the practical implementation of man-made waste-free technologies and an increase in the share of Green energy.

This is one of the main provisions of the final Paris Agreement and here it is necessary to take an action pause - how it is necessary to "make efforts" and most importantly to whom, in order to keep the increase in the global temperature of the Planet within two (2) °C, and in general is it possible to control the global temperature of the atmospheric air, and if possible, how, by what method?

The next question is why global temperature restrictions apply only to atmospheric air. Why doesn't the high UN conference introduce restrictions on the global temperature of the marine environment, the lithosphere, or the totality of the three shells of the Planet - atmospheric air, marine environment, lithosphere.

Therefore, the limitation on global air temperature adopted in the Paris Agreement is declarative in nature, since it is a priori impossible to implement, on the one hand, and on the other hand, without a sufficient evidence base and incomplete.

The next section of the final Paris Agreement concerns limiting man-made carbon dioxide emissions.

Here the following question arises: why is carbon dioxide taken as the dominant "greenhouse" effect out of the five known ones? After all, it is known that in terms of the intensity of the "greenhouse" effect, carbon dioxide is significantly inferior to water vapor, hydrocarbons, mineral and organic dust.

As a result, significant global financial costs will be spent on reducing carbon dioxide emissions from the prolonged action of technogenic systems, and the result of this action in terms of the "climate" crisis will tend to zero.

The parties to the Agreement declared that "carbon dioxide emissions should peak as soon as possible, will be possible."

To do this, parties to the Agreement needed to agree on a "set of rules" for carbon markets.

In November 2024, the next COP-29 climate summit was held in Baku (Republic of Azerbaijan)

It is of practical interest to consider the COP-29 Final Agreement, the main positions of which are listed below:

Position 1 - do not allow the average annual temperature of the Planet's atmospheric air to exceed 1.5 ° C.

Position 2 - comprehensively and constantly reduce the emission of man-made carbon dioxide.

Position 3 - create a global carbon market, the purpose of which is to reduce the use of traditional hydrocarbon energy while increasing the share of "green" energy, while regulating the prices of these energy sources.

Position 4 - continuous, multi-level environmental education of the population of the Planet.

Position 5 - comprehensively and constantly use the energy of the sun and wind to produce "green" energy sources.

Let's analyze and consider the practical significance of the proposed measures in terms of improving the climate on the Planet separately for each position.

Position 1 - limiting the growth of the average annual temperature of the Planet's atmospheric air to no more than 1.5 - 2.0 °C, here it is appropriate to object, since the temperature of the marine environment has a greater impact on climate change compared to the temperature of the atmospheric air, here it is possible to accept as a criterion the limitation of the growth of the total temperature of the atmospheric air, the marine environment, the lithosphere, another question remains unresolved, how can we regulate the growth of the summative average annual temperature of the three shells of the Planet?

Position 2 - reducing the concentration of man-made carbon dioxide to almost zero beyond 2050, here the question naturally arises, why only carbon dioxide was chosen, in our opinion, in this case it is advisable to consider the joint participation of all components of "greenhouse" gases or choose the most significant in terms of their effect on the dynamics of the "greenhouse" effect.

Position 3 - the creation of a global carbon market, in our opinion, has no prospects, since hydrocarbon fuel markets have already been created and are effectively functioning, for example, the oil OPEC.

Position 4 - continuous, multi-level environmental education of the population, here it should be recognized that the four levels of environmental education at the present stage are optional, formal in nature, and the political decisions taken lead to negative consequences, for example, the disappearance of the Aral Sea, a unique bay on the Caspian Sea - Kara-Bogaz-Gol, the construction of a pulp and paper mill on the shore of Lake Baikal, toxic and dangerous extraction of shale gas and other unreasonable political decisions.

Position 5 - the use of solar and wind energy for the production of energy resources is the main basis of "green" energy in the European Union.

In [4., 7p.], a comparative characteristic of traditional hydrocarbon energy sources and solar and wind energy is given. It seems interesting to consider the

negative characteristics of the use of solar and wind energy at the present stage, namely:

- * the alienation of significant territories is required to place solar panels;
- * high labor intensity in cleaning solar panels and their maintenance during normal operation;
- * the service life of solar panels during their normal operation does not exceed 10-15 years, there is currently no commercial method for the disposal of used solar panels, while the toxicity of used solar panels is 400 times higher than the toxicity of spent nuclear fuel from nuclear power plants;
- * the fragility of solar panels can lead to their premature destruction under mechanical impact, so in October 2024 in the state of Texas (USA) as a result of a powerful downpour with hail, solar panels were destroyed and a solar power plant was disabled, one has only to think about where the solid waste of solar panels will be sent, and alarming thoughts arise???
- * the productivity of solar panels reacts sensitively to changes in meteorological conditions (fog, rain, snow), volcanic eruptions.

The disadvantages of wind power plants include the following:

- * a source of infrasound radiation;
- * the productivity of the plant depends on meteorological conditions (direction and strength of the wind);
- * high "sail" of the propeller, which leads to their mechanical damage;
- * a long payback period of the plant determines its unprofitability;
- * death of birds;
- * increased noise level.

For environmental reasons, Germany eliminated coal and nuclear heat generation and, together with the "voluntary" refusal to supply natural gas via Nord Stream 1,2, the basic energy of the FRG was reoriented towards "green" energy, in particular solar and wind.

Conclusions

1. Currently, there are no theoretical prerequisites and, accordingly, no mechanism for initiating/slowing down the "climate" crisis on Planet and no way to manage it.

2. In modern society, there is no consensus regarding the causes of the "climate" crisis on the Planet; there are no methods and means for managing the "climate" crisis and overcoming the consequences of the "climate" crisis.

3. Our studies have established that the man-made increase in the concentration of carbon dioxide in the atmospheric air correlates with the increase in the average annual temperature of the atmospheric air, which suggests that carbon dioxide is the main component responsible for the "greenhouse" effect on the Planet.

4. To confirm this assumption or refute it, given in paragraph 3, it is necessary to conduct additional studies with other components of "greenhouse" gases - hydrocarbons, water vapor, nitrous oxide, fine mineral and organic dust, ozone.

5. To reduce the "greenhouse" effect, it is necessary to develop resource-saving, waste-free technological processes using hydrocarbon raw materials with a gradual replacement of hydrocarbon raw materials with non-hydrocarbon ones.

6. Analysis of the Final Conclusions of the climate summits held in Osaka, Paris, Baku showed that they are practically no different from each other, the main criteria are the average annual increase in atmospheric air temperature, a decrease in the concentration of man-made carbon dioxide in the atmospheric air, the creation of carbon markets, and an increase in the share of the use of eternal solar energy.

7. It is shown that the measures laid down in the Final Conclusion cannot be implemented on a planetary scale and, accordingly, cannot be used as a climate regulator on the Planet.

References

1. Leonov V.Ye., Gurov A.A.. Greenhouse effect . Fiction or result of the prolonged action of the technogenic systems? Hungary:The scientific heritage .- 2021, Vol.1, № 60(60), p. 29-39. HYPERLINK «<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44726893>»
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44726893>DOI: 10.24412/9215-0365-2021-60-1-29-39.
2. Karavaev M.M., Leonov V.E., Popov I.G., Shepelev E.T. Tehnologiya sinteticheskogo metanola: monografiya / pod red. d.t.n., professora M.M. Karavaeva. Moscow: Himiya, 240 p.-1984
3. Leonov V.E. Sovremennye metody Issledovaniy i obrabotki eksperimentalnyh dannyh [Modern Methods of Research and Processing of Experimental Data]./V.E. Leonov//. Kherson:IC HGMA. 2020-698 p.
4. V.E. Issledovaniya protsessov povysheniya effektivnosti sudovykh morskikh grusoperevozok [Research on the Processes of Increasing the Efficiency of Ship Cargo Transportation by Sea]/.V.E. Leonov// Tsifra. Ekonomika. [Cifra. Economy].. – 2023.-№3 (3). URL ; <https://economics.cifra.science/archive/3-3-2023-november/10.23670/ECNMS.2023.3.6>{дата звернення:15.11.2023}. DOI <https://doi.org/10.23670/ECNMS.2023.3.6>
5. V. Leonov. Solution of the Two-vector Problem of Resource Saving on Board of the Ship . /V. Leonov// American Journal of Traffic and Transportation Engineering. 2021. Vol. 6, № 6 : p. 147-155. DOI: 10.11648/j.ajtte.20210606.11

СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ДЛЯ ПРИВАТНИХ БУДИНКІВ: НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ОГЛЯД

*Асистент Ю.В. Литовченко, асистент О.В. Литовченко,
доц., канд. пед. наук Є.О. Модло, доц., канд. техн. наук В.Я. Хижняк
Державний університет економіки і технологій, м. Кривий Ріг, Україна*

У [1], [2] представлена інформація, яка дозволяє читачеві ознайомитися з принципом роботи і складом обладнання побутових сонячних електростанцій. У цій статті автори пропонують розглянути більш докладні відомості, які можуть бути корисними при розробці та реалізації реального проєкту.

Перелік обладнання електростанції на сонячних батареях

У XX столітті були здійснені спроби застосувати сонячну батарею, але через недостатню ефективність перетворення концепція не була застосована на практиці.

Як працює сонячна батарея?

Основною її функцією є збір і перетворення енергії, яку виконують фотоелектричні елементи, розташовані на самій панелі. Крихісткість фотоелементів захищена склом і полімерною підкладкою. Принцип роботи фотоелемента досить простий: перерозподіл електронів здійснюється під впливом світла. У результаті фотоелектричного перетворення виникає різниця потенціалів між двома полюсами, і з сонячного потоку утворюється електричний струм.

Сонячні батареї становлять основну частину всієї електроустановки. Крім батарей (далі панель), до її складу входять наступні комплектуючі вироби [3]:

1. Акумуляторна панель
2. Зарядний пристрій
3. Інвертор

Сонячна електростанція для приватного будинку

На рис. 1 наведена блок-схема складу обладнання сонячної електростанції для приватного будинку.

Призначення складових схеми:

1. Сонячний модуль - вироблення напруги постійного струму в денний час
2. Зарядний пристрій - забезпечує постійний струм заряду акумуляторів
3. Акумулятори - забезпечують подачу напруги на інвертор при відсутності сонячного світла
4. Однофазний інвертор - вироблення змінної напруги для живлення споживачів



Рисунок 1 – Блок схема складу устаткування сонячної електростанції

Пристрій і робота однофазного інвертора (див. рис. 2)

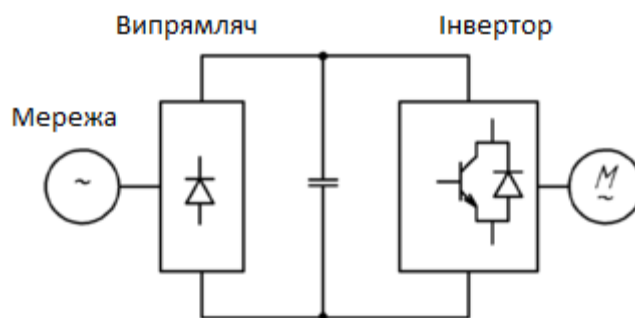


Рисунок 2 – Функціональна схема однофазного інвертора

Як видно з рис. 2, основою інвертора є ключ на IGBT-транзисторі. По суті, на виході інвертора напруга не є змінною. Інвертор за допомогою часткового відкриття його ключів у кожен одиницю часу формує напругу певної величини та полярності. Але оскільки сигнал має високу частоту, то для живлених приладів сигнал буде нагадувати звичайну змінну напругу (див. рис. 3).

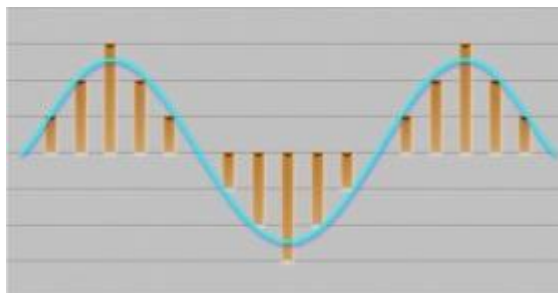


Рисунок 3 – Форма напруги на виході інвертора

Чим більш високочастотний сигнал, тим більш гладкою буде вихідна синусоїда, хоча правильна її назва буде квазісинусоїда. Таким чином, інвертор має можливість при одному і тому ж живленні видавати сигнал у дуже широкому діапазоні частот і напруг, що і є основою його роботи.

Використання інверторів дозволяє отримати низку додаткових переваг:

– у інверторів може бути реалізований пусковий режим. Наприклад, тістомісильна машина. Припустимо, потужність електродвигуна 2,2 кВт і частотник такої ж потужності. При запуску установки їй потрібен певний час, щоб зрушити тісто з місця. Іншими словами, струм вже надходить на двигун, але його моменту поки ще не вистачає, щоб зрушити тісто з місця. Відповідно виникають пускові струми і, як наслідок, падіння напруги в мережі. Сусідня установка вже може не запуститися, або комп'ютер, що стоїть поруч, перезавантажиться. Застосування частотного перетворювача з інвертором дозволяє за рахунок внутрішніх компонентів забезпечити додаткову потужність для двигуна, не відбираючи її з зовнішньої мережі. Нормальними є показники в 3-4 номіналів протягом 1-2 секунд.

– інвертор за рахунок внутрішніх компонентів може також працювати певний час (від 30 секунд до десятків хвилин) з потужністю вище номінальної в 1,5 - 2 рази. Це повсюдно застосовується в промисловості, наприклад, в підйомно-транспортному обладнанні.

– інвертор можна застосовувати при "поганій напрузі". Дуже часто на підприємствах з застарілим обладнанням бувають проблеми з живильною напругою - знижена або підвищена, часті стрибки. Інвертор у цьому випадку буде видавати чисту квазісинусоїду незалежно від вхідного сигналу.

Розрахунок необхідної кількості сонячних панелей

Вихідні дані для розрахунку:

1. Середньомісячне споживання електроенергії – 342 кВт/год на місяць;
2. Ціна 1 кВт/год [4], грн – 4,32;
3. Встановлена потужність (P) за п. 1, кВт - 37;
4. Ціна однієї сонячної панелі Монокристал Jinko Solar, потужність 545 Вт, ККД 21,13%, грн. [5] – 9362;
5. Інтенсивність (I) використання приладів за п. 3:

$$I = 37 / 342 \approx 0,11 \quad (1)$$

6. Необхідна кількість (N) панелей за п. 4:

$$N = 37 \times 0,11 / (0,545 \times 0,2113) = 4,07 / 0,116 = 35 \text{ шт.} \quad (2)$$

Перевірка

$$35 \times 0,545 \times 0,2113 \approx 4 \text{ кВт} \quad (3)$$

Висновок - споживачі будинку загальною потужністю 4 кВт можуть бути включені цілодобово.

Ціна (Ц) панелей за п. 6:

$$Ц = 36 \times 9362 = 337\,032 \text{ грн.} \quad (4)$$

Таблиця 1 – Основні характеристики сонячної панелі Jinko Solar

№	Найменування	Од.	Значення
	1	2	3
1	Напруга при максимальній потужності	В	33.72
2	Напруга холостого ходу	В	41.02
3	Потужність	Вт	540
4	Струм короткого замикання	А	13.73
5	Струм при максимальній потужності	А	13.05

Виходячи з розрахунків і даних Табл. 1, виконаємо схему з'єднань панелей.

При цьому визначимо, що напруга змінного струму в будинку згідно з [6] повинна бути в межах $\pm 10\%$. Тоді напруга на виході інвертора ($U_{вихі}$) повинна бути рівною величині:

$$U_{вихі} = 220 \times 1,41 \times 1,1 = 340 \text{ В} \quad (5)$$

Максимально допустимий струм ($I_{сп}$) споживання будинком 40А. При цьому кожна панель повинна віддавати в мережу струм, рівний $13,05 \times 0,2113 = 2,8 \text{ А}$, де число 0,2113 - ККД панелі.

Таким чином, для отримання на виході панелей струму в 40А їх потрібно з'єднувати послідовно/паралельно, як показано на рис. 4.

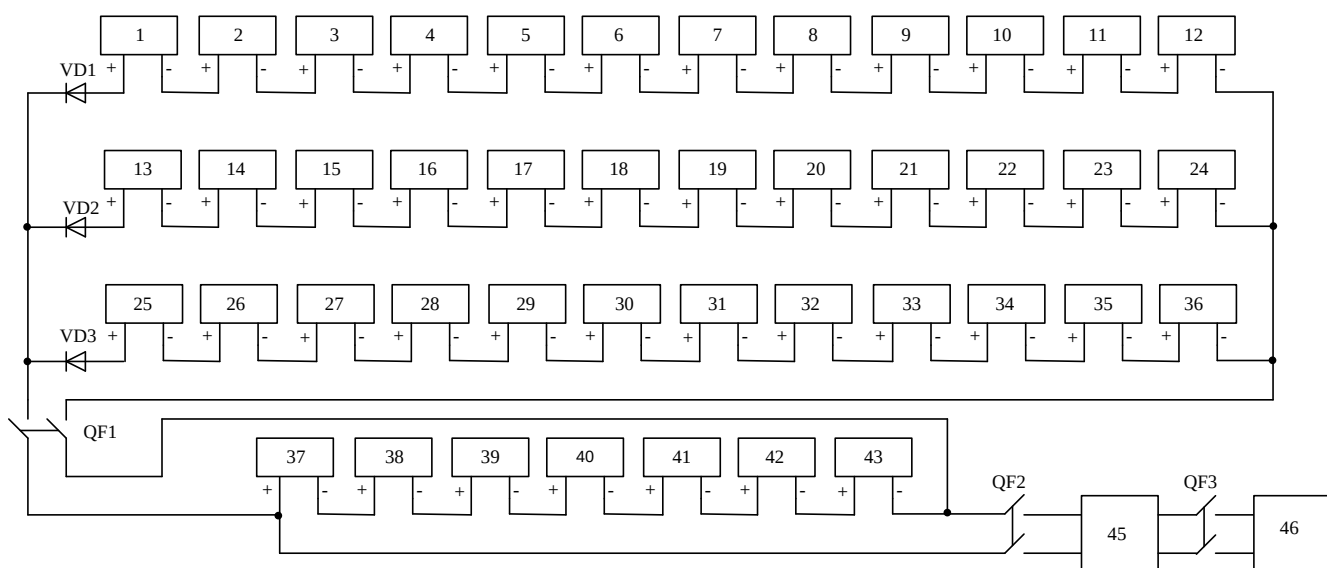


Рисунок 4 – Схема з'єднань основного обладнання сонячної електростанції:

1, ..., 36 – сонячні батареї; 37, ..., 43 – акумулятори; 45 – інвертор; 46 – будинок

З рис. 4 випливає, що напруга на виході панелей ($U_{вихп}$) дорівнює величині:

$$U_{вихп} = (33,72 - 4,73) \times 12 = 348 \text{ В}, \quad (6)$$

де 33,72 – див. Табл. 1, 12 – кількість панелей в одному плечі.

Особливості монтажу панелей

Параметри роботи панелі можуть змінюватися, і це залежить від якості фотоелементів, освітленості та температури навколишнього середовища. Наприклад, сила струму знижується при хмарній погоді, в туман, при сильному запиленні та при нагріванні. Дуже сильно на ефективність фотомодулів сонячних панелей впливає кут установки до горизонту (див. рис. 5).



Рисунок 5 – Розташування панелей щодо сонця

При оптимальному підборі кута нахилу відповідно до широти та сезону року ефективність роботи батарей гарантовано зберігається до 90% початкових параметрів протягом 10 років. За 25 років фотомодулі деградують і видають всього 80% від номінальної потужності. Але технології розвиваються, і вже є робочі моделі, які за цей же період збережуть 82-85% потужності.

Вартість обладнання

1. Акумулятор LP LiFePO₄ 48V (51,2V) - 100 Ah (5120Wh) (Smart BMS 100A) з LCD RM [7]

Необхідна кількість акумуляторів (Нак) для станції визначається виразом:

$$Нак = 340 / 48 = 7 \text{ шт.}, \quad (7)$$

де 340 - необхідна напруга на вході інвертора, В 48 – номінальна напруга акумулятора, В.

Ціна 7 шт. акумуляторів Ц_а = 7 x 82 513 = 577 579 грн.

2. Інвертор Solis 1P10K-4G, [8] Номінальна потужність, кВт: 10 Вихідна напруга, В: 220 Ціна: 56 600 грн з ПДВ

3. Загальна ціна обладнання (Ц_о) визначається виразом:

$$\begin{aligned} Ц_о &= Ц_{сп} + Ц_а + Ц_і = 337\,032 + 577\,579 + 56\,600 = 970\,611 = \\ &= 1,1 \times 970\,611 = 1\,067\,672 \text{ грн.}, \end{aligned} \quad (8)$$

де Ц_{сп}, Ц_а, Ц_і – позначають відповідно ціни сонячних панелей, акумуляторів та інвертора, 1,1 – коеф., що враховує ціну автоматичних вимикачів, кабельно-провідникової продукції тощо.

Висновки

1. Представлено перелік обладнання, необхідного для електростанції на сонячних панелях
2. Надано призначення, функції обладнання та виконані розрахунки необхідної кількості обладнання
3. Запропоновано варіант схеми підключень
4. Виконано розрахунок ціни обладнання.

Посилання

1. Solar-Tech. (n.d.). Сонячні панелі та обладнання. Retrieved from <https://solar-tech.com.ua>
2. Keyvolt. (n.d.). Сонячні електростанції для приватних будинків. Retrieved from <https://kvolt.com.ua>
3. Svoya Energy. (n.d.). Сонячні електростанції та енергетичні рішення. Retrieved from <https://svoya-energy.com.ua>
4. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). (n.d.). Тарифи на електроенергію для населення. Retrieved from <https://www.nerc.gov.ua>
5. Solar Technology. (n.d.). Сонячні технології та обладнання для електростанцій. Retrieved from <https://solartech.com.ua>
6. ДСТУ EN 50160:2023. (2023). Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення (EN 50160:2022, IDT). ДП «УкрНДУЦ».
7. LogicPower. (n.d.). Акумулятори та інвертори для сонячних станцій. Retrieved from <https://logicpower.ua>
8. Vinur. (n.d.). Комплектуючі для сонячних електростанцій. Retrieved from <https://vinur.com.ua>

МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ВИДОБУТКУ ТА ПЕРЕРОБЛЕННЯ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ

*Професор¹, проф. докт. техн. наук В.С. Моркун,
ректор², проф., докт. техн. наук О.В. Поркуян,
аспірант³ Я.О. Грищенко*

*¹Криворізький національний університет
м. Кривий Ріг, Україна*

*^{2,3}Східноукраїнський Національний Університет імені В. Даля
м. Київ, Україна*

Потреби вітчизняної промисловості та жорстка конкуренція на світовому ринку вимагають від гірничо-збагачувальних підприємств постійного вдосконалення технологій. Тонке грохочення руди при її збагаченні – одне із рішень, яке дозволяє підвищити ефективність виробництва та якість продукції, тим самим зробивши українські

підприємства більш конкурентоспроможними. Використання відповідної технології забезпечує енергоефективність виробничого процесу та покращує якість кінцевого продукту.

Протягом останніх 10-20 років відбувається підвищення уваги до цієї технологічної операції. Вібраційні сита мокрого грохочення продуктів переробки руди використовуються на збагачувальних фабриках замість механічних спіральних класифікаторів та гідроциклонів, завдяки тому, що вони продемонстрували свою технологічну перевагу, а саме: ефективне розділення продуктів збагачення, підвищення продуктивності, зниження витрат на воду і відновлення зношеного обладнання, покращення якості продукту та зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Сучасні моделі процесу тонкого мокрого грохочення не в змозі адекватно відображати цей процес. Хоча відомо багато різноманітних підходів, які використовують для моделювання цієї технологічної операції, існує нагальна потреба покращення адекватності моделей та точності отриманих результатів.

Основною метою дослідження є розроблення математичної моделі, яка може бути застосована до якісного відображення процесу тонкого мокрого грохочення продуктів перероблення руди, та використана для формування ефективного автоматизованого керування технологічним процесом.

В якості об'єкту моделювання розглянуто однодековий грохот Дерріка з розмірами отворів 45 мкм, 75 мкм, 106 мкм і 150 мкм. У якості робочих змінних в моделі використані швидкість потоку вхідного матеріалу, концентрація і крупність часток твердої фази в ньому, що узгоджуються з конструкційними змінними, такими як загальна відкрита площа панелі та розмір апертури [1].

Запропонована модель використана для прогнозування продуктивності грохота в широкому діапазоні умов подачі для різних отворів в межах визначеного діапазону крупності руди. В рамках даного дослідження використовувався вхідний продукт з варіативною швидкістю подачі від 5 до 30 т на годину. Концентрація твердої фази у ньому становила від 30 до 60 відсотків за масою.

Гранулометричний склад продуктів грохочення визначався для трьох потоків: подачі, надрешітного та підрешітного. Для його кількісного відображення використовувався стандартний аналіз із використанням сит з розміром отворів 45, 75, 106, 150, 208, 295, 417, 833, 1168 та 1651 мікрон.

Змодельовані робочі режими грохота тонкого грохочення, які відрізняються співвідношеннями характеристик вхідного продукту та конструкційними змінними. Аналіз отриманих результатів показав, що як швидкість подачі, так і концентрація твердої фази вхідного продукту та її гранулометричний склад суттєво впливають на продуктивність для всіх розмірів отворів.

За результатами моделювання були отримані параметри кривої розподілу продуктів грохочення за гранулометричним складом. Вплив робочих змінних на якісні та кількісні характеристики роботи грохота був оцінений по відношенню до властивостей кривої розподілу. Це обґрунтовується тим, що характеристики кривих розподілу вважаються зручним інструментом для кількісної оцінки продуктивності різноманітних класифікаційних агрегатів, які відрізняються конструкціями та робочими параметрами [2].

Результати виконаного дослідження показали, що збільшення концентрації твердих частинок у живленні та швидкості подачі негативно впливають на якість грохочення. Особливо це позначається на дрібних розмірах отворів сита (наприклад, 45 мкм), що веде до зростання частки тонкої фракції у вихідному продукті. Високі концентрації вмісту твердої фази та великі швидкості вхідного потоку можуть погіршити продуктивність екранів.

Висновки

Параметри рудопотоків збагачувальної фабрики нерозривно пов'язані з операціями зміни гранулометричного складу сировини, що переробляється. При цьому грохот тонкого грохочення є природним індикатором якості ведення таких операцій, а на підставі його кривої ефективності поділу може бути сформована якісно-кількісна оцінка ведення всього технологічного процесу.

Запропонована модель дозволяє передбачити продуктивність екранів та допомагає обрати відповідний їх розмір для заданої продуктивності грохоту тонкого мокрого грохочення продуктів перероблення залізної руди.

Посилання

1. Mwale A., Mainza A., Bepswa P., Simukanga S., Masinja J. MODEL FOR FINE WET SCREENING. - Published by the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, IMPC 2016: XXVIII International Mineral Processing Congress Proceedings - ISBN: 978-1-926872-29-2.
2. Narasimha M., Mainza A.N., Holtham P.N., Powell M.S., & Brennan, M.S. (2014). A semi-mechanistic model of hydrocyclones — Developed from industrial data and inputs from CFD. International Journal of Mineral Processing, 133, 1–12. doi:10.1016/j.minpro.2014.08.006.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІНОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА АРМАТУРНОГО ПРОКАТУ ПЕРІОДИЧНОГО ПРОФІЛЮ В БУНТАХ

Доц., канд. техн. наук Г.І. Перчун, аспірант А.О. Івченко
Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

Холоднодеформована арматурна сталь у бунтах широко застосовується в будівельній індустрії. Це обумовлено її комплексом властивостей міцності і пластичності, які є оптимальними для залізобетонних конструкцій без попереднього напруження.

Переваги холоднодеформованої арматури порівняно з гарячекатаною наступні:

- відсутність окалини;
- більш висока корозійна стійкість;
- менший знос правильного обладнання за рахунок відсутності поздовжніх ребер;
- можливість виробництва в вузьких діапазонах по лінійній масі;
- менші питомі витрати на одиницю міцності;
- вище якість намотування у бунті.

Основними якісними характеристиками арматури, які забезпечують надійну експлуатацію таких конструкцій, є співвідношення тимчасового опору розриву до умовної межі плинності ($\sigma_B / \sigma_{0,2}$), повне відносне подовження при максимальному навантаженні, умовна межа плинності та тимчасовий опір розриву [1].

Основна технологічна операція при виготовленні холоднодеформованої арматури – це нанесення необхідного профілю на гарячекатану заготівку (катанку) з низьковуглецевої сталі звичайної якості в непривідних прокатних клітках. Для забезпечення необхідного рівня відносної площі зминання сумарний обтиск при нанесенні профілю становить 15–30%, що призводить до суттєвої втрати пластичності по відношенню до рівня пластичності катанки.

Низький рівень пластичних властивостей холоднодеформованої арматури, тобто арматури класу пластичності А, накладає певні обмеження на її застосування в будівництві. У зв'язку з цим тенденція європейських ринків спрямована на одержання арматурної сталі в бунтах, що має всі переваги холоднодеформованої арматури з пластичними характеристиками, близькими або ідентичними гарячекатаній арматурі (клас В).

Існує кілька напрямів отримання бунтової арматури класу В:

- «розтягування - знакозмінний вигин» гарячекатаної арматури;
- зменшення сумарних обтискань до 6–10% при збереженні необхідного рівня відносної площі зминання;
- додаткова обробка готової арматури.

Вимоги необхідного приросту міцності при холодній деформації гарячекатаного підкату при малому ступені деформації з задовільним рівнем

залишкової пластичності та високим критерієм зчеплення арматури з бетоном зумовили створення порівняно молодого технології – процесу stretching (європейський термін). Першими таким спосіб у практиці виробництва арматурного прокату застосували у Німеччині [2]. Процес stretching — це розтяг з малим ступенем деформації ($\epsilon = 5\div 8\%$) гарячекатаного арматурного прокату періодичного профілю. Для інтенсифікації обробки, підвищення стійкості процесу, контролю режимів та збереження високих пластичних властивостей розтягування супроводжується додатковим фактором – знакозмінним вигином.

Процес поєднує в собі розтяг з додаванням елемента вигину на роликах і суттєво змінює фізику процесу розтягування. Цей спосіб має такі переваги:

- принципово підвищується стійкість процесу розтягування, тобто, усувається причина швидкого розвитку локалізації деформації за рахунок знакозмінної за перерізом деформації;
- збільшуються характеристики міцності металу з істотно меншими втратами його пластичності і витратами енергії, чим при розтягненні за рахунок немонотонності деформації, зменшення середньої щільності дислокацій та неоднорідності їх розподілу за обсягом при знакозмінній деформації;
- виключається ефект Баушингера в розтягнутій арматурі при подальшій її роботі на стиск через обробку кожного елемента перерізу багатоциклічною деформацією за схемою «розтягування – стиск»;
- при вигині на наявні в прокаті залишкові напруги накладаються зовнішні напруги. В результаті, як мінімум, знижуються величини розтягуючих напруг на поверхні, і, як максимум – напруги перерозподіляються таким чином, що на поверхні арматури формуються стискаючі напруги.

При обробці даним способом форма періодичного профілю арматури та критерій зчеплення її з бетоном не мають обмежень та визначаються можливостями виробника гарячекатаного підкату, у тому числі з урахуванням ідентифікації профілю та можливості виконання його за будь-яким зарубіжним стандартом

В роботі запропоновано технологію комбінованого виробництва АП періодичного профілю в мотках [3] з підвищеними характеристиками міцності ($\sigma_{0,2} \geq 500$ Н/мм²; $\sigma_b \geq 600$ Н/мм²) при одночасному збереженні високої пластичності ($\delta_{\max} \geq 7,5\%$) згідно сучасних вимог національного (ДСТУ) та міжнародних (EN, DIN) стандартів. Технологія включає деформацію сталевих заготовок на металургійному переділі (перший етап), коли в процесі гарячої деформації на поверхні стрижня формують періодичний профіль, який прискорено охолоджують до середньомасової температури 740...800 °С. Після чого здійснюють змотування арматури в моток та охолодження на повітрі до температури навколишнього середовища. Це дозволяє отримати АП з межею плинності (σ_T) на рівні 350...450 Н/мм².

Далі на метизному переділі (другому етапі), отриманий раніше АП піддають холодній деформації шляхом розтягу стрижня на 2...12% в процесі перемотки його з мотка в моток. При цьому перед формуванням нового мотка стрижень додатково підлягає примусовій циклічній деформації багаторазовим знакозмінним вигином у стані натягнення навколо обвідних роликів. Це дозволяє отримати АП з межею плинності ($\sigma_{0,2}$) не менше 500 Н/мм², що відповідає продукції класу міцності А500С за ДСТУ 3760:2019.

Для реалізації другого етапу комбінованої технології (холодної деформації розтягом) запропонована лінія (рис.1), що містить встановлені в технологічній послідовності розмотувальний пристрій (1), окалиноломатель (2), пристрій для холодного деформування прокату (3), приводний намотувальний механізм (4) та пристрій, що формує моток (5) [4]. Пристрій для холодного деформування прокату виконано у вигляді двох обвідних барабанів, першого і другого по ходу руху прокату, які кінематично пов'язані між собою за допомогою електропривідної зубчастої передачі. Цей пристрій розміщено на ділянці між окалиноломателем і приводним намотувальним пристроєм, а за рахунок різниці лінійної швидкості зовнішньої поверхні першого та другого обвідних барабанів забезпечується розтяг прокату на 2....12%, що і призводить до підвищення його класу міцності.

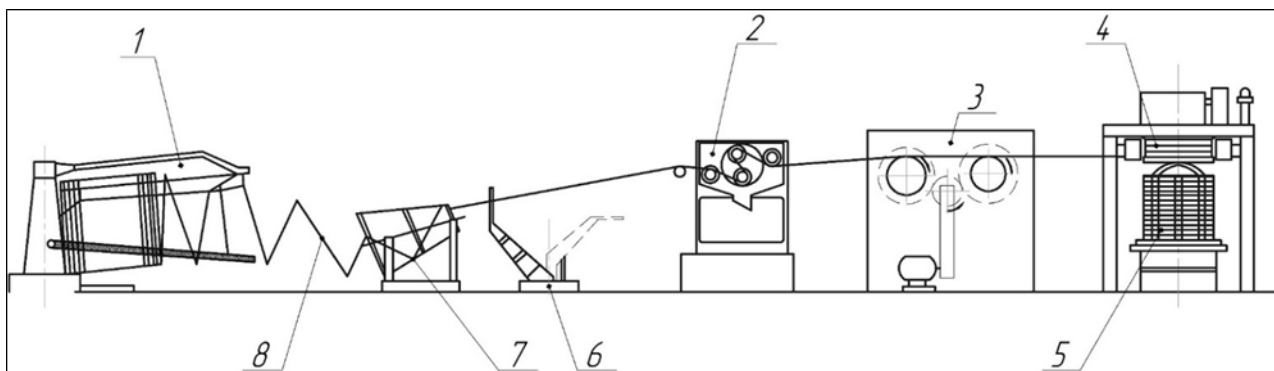


Рисунок 1 - Лінія для виготовлення холоднодеформованого арматурного прокату в мотках:

1 – розмотувальний пристрій; 2 – окалиноломатель; 3 – пристрій для холодного деформування прокату; 4 – приводний намотувальний механізм; 5 – пристрій, що формує моток; 6 – датчик аварійної зупинки лінії; 7 – блок для вирівнювання арматурного стрижня; 8 – арматурний стрижень

Відмінною рисою запропонованої лінії є наявність пристрою 3 для деформації розтягом арматурного стрижня періодичного профілю 8. Сама лінія дозволить при перемотуванні з мотка в моток АП металургійного виробництва з готовим періодичним профілем класу міцності А300С та А400С шляхом додаткової холодної деформації розтягом отримувати новий моток, але вже класу міцності А500С. Реалізація додаткового розтягу здійснюватиметься у пристрої 3 за рахунок його конструктивних особливостей.

Висновки

Таким чином, шляхом комбінованого виробництва, яке відбувається у два етапи (шляхом гарячої та холодної деформації), можливо виготовляти АП періодичного профілю діаметром від 6,0 до 22,0 мм в мотках класу міцності 500Н/мм² з рівнем механічних властивостей готової продукції у відповідності до вимог національного та міжнародних стандартів.

Посилання

1. Ахметов Т.А. Особливості технології виробництва холоднодеформованої арматурної сталі класу В550А за стандартом ONÖRM B 4707:2010 // Лиття та металургія. 2013, № 3 (72). С. 176-178.
2. Klemm M., Wagenfurer G., Wagner B. Stretched reinforcing steel — a simple coldworking process for improved mechanical properties / Wire. — 1993. — Bd 43, N 5. — S. 309–314.
3. Спосіб комбінованого виробництва арматурного прокату періодичного профілю в мотках / Івченко А.О., Перчун Г.І., Івченко О.В. Заявка UA № a2024 03411 від 01.07.2024 р.
4. Лінія для виготовлення холоднодеформованого арматурного прокату в мотках / Івченко О.В., Івченко А.О., Перчун Г.І., Поворотній В.В. Заявка UA № a2024 04313 від 03.09.2024 р.

ZIRCONIUM ALLOYS FOR NUCLEAR REACTORS

Head of Department, Doctor of Sciences M.M. Pylypenko¹, Head of Department, Doctor of Sciences, Professor O.V. Yefimov², Cand. Sc. A.O. Drobyshevska¹

*¹National Science Center “Kharkiv Institute of Physics and Technology”,
Kharkiv, Ukraine*

*²National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv,
Ukraine*

Zirconium alloys have widely been used in the nuclear power industry of various countries include alloys Zircaloy-2, Zircaloy-4, ZIRLO, E110, E125, E635, M4, M5, MDA, and others. In Table 1 shows the chemical composition of some zirconium alloys. In the USA, Canada, and Western Europe, two main zirconium alloys are used for fuel element cladding, shrouds and channels of light-water and heavy-water reactors: Zircaloy-4 and Zircaloy-2, and the first is mainly used for fuel element for pressurized water reactors (PWR), the second – for boiling water reactors (BWR) [1, 2]. Zr-1%Nb alloy are the materials for cladding and structures and used in pressurized water reactors VVERs and provide reliable operation of fuel elements and fuel assemblies in existing reactors and serves as a basis for new

modifications. The advanced PWR cladding alloys are Nb-containing alloys: ZIRLO and M5.

Table 1 – Nominal composition of some fuel cladding alloys

Cladding alloy	Nominal composition (wt.%)
Zircaloy-2	Zr-1.5 Sn-0.2Fe-0.1 Cr-0.05Ni-0.12 O
Zircaloy-4	Zr-(1.3–1.5)Sn-0.2Fe-0.1 Cr-0.12 O
E110	Zr-1Nb (O $\approx$ 0.05–0.07)
M5	Zr-1Nb-0.12 O
E635	Zr-1Nb-1.2Sn-0.4Fe (O $\approx$ 0.05–0.10)
ZIRLO	Zr-1Nb-1Sn-0.1 Fe-0.12 O

Zr alloys enables a combination of desirable properties, e.g., high mechanical strength, high melting point (1852 °C), high corrosion resistance and a low absorption cross-section for thermal neutrons (0.18 barn). The latter is a key advantage of Zr over most other structural materials, and is necessary for the use of low-enriched nuclear fuel.

Zirconium-based fuel cladding materials have served the nuclear power industry well over a 50 year time period. They have been subject to an intense evolution and development process in fuel performance and reliability (e.g., life time, temperature, surface heat flux and neutron fluence).

The life limit of Zr-based cladding is usually determined by its corrosion properties, i.e., oxidation in the hot reactor coolant, and in particular the associated absorption of hydrogen. At hydrogen concentrations above the limit for solid solution in Zr, zirconium hydride precipitates will form. Those have a relatively poor mechanical strength and are brittle at room temperature, meaning that excessive hydrogen can reduce the mechanical strength and ductility of cladding. Both oxidation resistance and the hydrogen pickup depend on material composition and processing as well as operating conditions, and often also change with the accumulated fast neutron fluence.

Irradiation leads to several gradual changes on the microstructural level of the material, e.g., a buildup of dislocation loops and dissolution of the secondary phase particles, coupled to redistribution in the Zr matrix of atoms knocked out from the secondary phase particles (SPPs). These changes influence the in-reactor performance of the material, adding to the challenge of optimization.

Neutron irradiation leads to a redistribution of alloying elements between the matrix and the precipitates, and to changes in the α -solid solution composition. These changes affect accumulation and mobility of irradiation defects, anisotropy and formation of vacancy <c>-component dislocation loops. The appearance of <c>-loops usually correlates with the irradiation induced growth (IIG). IIG refers to the volume-conservative shape change, which occurs during neutron irradiation; the cladding expands in the axial direction and shrinks in the radial direction [3]. This growth is one of the main limiting factors in the lifespan of fuel assemblies.

Alloy chemistry can significantly alter the observed irradiation induced growth and particularly the point at which breakaway growth occurs. That's why, the role of Fe has been investigated with particular interest, as Fe dissolves from pre-existing SPPs during irradiation and is a fast diffusing element in Zr, potentially sitting interstitially within the Zr lattice and interacting with point defects generated during irradiation [4].

In Zr-Sn, Zr-Nb and Zr-Sn-Nb alloys the addition of more Fe led to a decrease in growth strain. Also showed data from the BOR-60 test reactor, which indicated that increased Fe leads to a lower IIG strain in the E635 Nb-containing alloy.

Alloying elements should positively influence the corrosion resistance of products under operating conditions in the reactor and provide the necessary mechanical properties and reliability of products during operation [5]. Numerous works have shown that alloying of zirconium with iron is promising in developing alloys for high temperatures. The increase of the iron content in the zirconium alloy provides the material of the cladding tubes with the required resistance to creep and strengthening under irradiation. In addition, the alloying of Zr-1%Nb alloy with iron increases its corrosion and radiation resistance in the conditions of the operation of a nuclear reactor.

When Zr-based alloys are exposed to O, various sub-oxides are formed in a concentration gradient from the metal to ZrO_2 on the surface of the material. The thickness of the ZrO_2 layer will increase with increasing environmental exposure time and temperature. The reaction of zirconium and its alloys with an oxidizing atmosphere is generally characterized by two distinct stages. During the first stage, the kinetics of oxidation can be described by a quasi-parabolic relationship; the oxide scale formed is black or possesses an iridescent appearance, and is very compact and protective in nature. During the second stage the rate of oxidation is linear and, in place of the black adherent film, the metal and its alloys become covered with a friable grey oxide which tends to spall. Usually, at this stage, a rapid deterioration of the metal and its alloys takes place. The change-over from the first to the second stage of oxidation is termed "transition" or "breakaway". This is usually one of the most prominent features of the oxidation of zirconium and its alloys.

Aqueous corrosion of conventional Zr alloys is a process, which involves breakdown of the oxide layer and adsorption/ingress of H. In short, at temperatures that far exceed nominal fission reactor operation ($\geq 500^\circ\text{C}$), aqueous corrosion will be problematic. Therefore, alternative alloys or barrier coatings will need to be utilized in these cases.

Results of long-term corrosion tests of samples of the Zr-1%Nb alloy with different Fe content in water of a chemical composition similar to the primary coolant in reactor VVER-1000 (temperature 350°C , pressure 16.5 MPa) indicate the presence of an optimal value of Fe content localized around 0.10 wt. % [6, 7]. The Zr-1%Nb alloy with this Fe content has the highest corrosion resistance under operating conditions of the VVER-1000 core. Increasing or decreasing of the Fe

content in the Zr-1%Nb alloy leads to an increase its corrosion rate. This Fe content too provides acceptable values of microhardness of the alloy. Additional iron doping of the Zr-1%Nb alloy within the specified limits does not leads to change-over to the “breakaway” oxidation, ensuring high corrosion resistance.

Zirconium alloys corrode relatively rapidly in steam at the elevated temperatures encountered during a design base LOCA (loss of coolant accident), e.g., caused by a large coolant pipe break. Corrosion resistance of Nb-containing alloys under normal operating conditions is excellent or superior to that of Zircaloy-4, some of them (E110 and E635) have been known to be susceptible to nodular oxidation under LOCA situations. High-temperature nodular oxidation leads to excessive H uptake and premature loss of post-quench ductility. In contrast, despite the fact that M5 cladding is fabricated from nominally the same type of Zr-1%Nb alloy, the alloy has been reported to be resistant to nodular oxidation under LOCA-like conditions, and neither excessive H uptake nor premature ductility loss was observed.

In contrast to their conventional counterparts, the modified E110 and E635 alloys fabricated using sponge Zr (Zr feedstock produced with Kroll process) performed similar to M5, and ZIRLO, and were not susceptible to nodular or “breakaway” oxidation at high temperature in LOCA-relevant conditions [8].

The technology of magnesium-thermal production of spongy zirconium in laboratory installations has been studied. The processes for obtaining spongy zirconium are considered: reduction of zirconium tetrachloride and high-temperature vacuum sublimation of the reaction mass [9, 10]. The change in the content of impurities during the refining of magnesium-thermal the zirconium sponge was investigated using the electron beam melting method. It is shown that the content of impurities, except for gaseous ones, in the obtained sponge and the quality of metal zirconium slightly differ from the sponge zirconium of other manufacturers. The results of the research can be used to develop a domestic industrial magnesium-thermal technology for the production of spongy zirconium and equipment for its production.

Using interval analysis methods, interval statistics, and interval polynomial regression models, developed based on the machine learning theory as components of artificial intelligence systems for processing and analysis of the physical laboratory experiments results are a promising direction. The experimental data on the study of the reactor structural materials can be dissimilar and contradictory. Therefore, to make a decision, researchers often have incomplete information about the numerical values of the structural materials' characteristics or they only know the ranges of characteristics possible values.

The prospects for using new methods for evaluating and improving the physico-mechanical and physico-chemical properties (microhardness, corrosion resistance, radiation resistance, etc.) of structural materials of nuclear reactor were substantiated and analyzed.

Modeling using the mathematical models of interval and regression analysis (polynomial regression, ridge regression) as components of machine learning for

processing data from experiments on the assessment of the properties of structural materials was used [11, 12]. Studies carried out to solve the problems of determining the dependence of the properties of alloys on various factors have shown that this approach makes it possible to increase the correctness of assessing the physico-mechanical and physicochemical properties of structural materials for nuclear reactors.

Thus, to improve the performance properties of zirconium alloys fuel cladding, it is necessary to optimize the iron content for increases corrosion resistance in the coolant and resistance to radiation growth, and also use zirconium sponge as the alloys base, since such alloys meet safety criteria under LOCA conditions.

References

1. Lemaignan C. Zirconium Alloys in Nuclear Applications / C. Lemaignan, A.T. Motta. // Materials Science and Technology. – 2006. – P. 1-51.
2. Reactors and steam generators of NPP power units: schemes, processes, materials, structures, models (monograph) / O.V. Yefimov, M.M. Pylypenko, T.V. Potanina, et al. – Kharkiv, LLC “V Spravi”, 2017. – 420 p.
3. Onimus F. Radiation Effects in Zirconium Alloys / F. Onimus, J.L. Bechade. // Comprehensive Nuclear Materials. – 2012. – V.4. – P.1-31.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-056033-5.00064-1>
4. Hood G.M. Point defect diffusion in α -Zr / G.M. Hood // J. Nucl. Mater. – 1988. – V.159. – P.149-175. [https://doi.org/10.1016/0022-3115\(88\)90091-8](https://doi.org/10.1016/0022-3115(88)90091-8)
5. Pylypenko M.M. Research and development for obtaining of nuclear-pure zirconium and alloy on its basis / M.M. Pylypenko // Problems of Atomic Science and Technology (PAST). – 2009. – N 6(64). – P. 12-18.
https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2009_6/article_2009_6_12.pdf
6. Pylypenko M.M. Influence of iron additives on the corrosion resistance of the Zr-1%Nb alloy under operating conditions of a nuclear reactor / M.M. Pylypenko, A.O. Drobyshchenska, V.A. Zuyok // PAST. – 2022. – N 1(137). – P. 51-54.
<https://doi.org/10.46813/2022-137-51>
7. Improvement in the Properties of Fuel Claddings for the Domestic Nuclear Fuel Cycle / O. Yefimov, M. Pylypenko, V. Kravchenko, et al. // Nuclear and Radiation Safety. – 2022. – N 3(95). – P. 39-47.
[https://doi.org/10.32918/nrs.2022.3\(95\).04](https://doi.org/10.32918/nrs.2022.3(95).04)
8. Experimental study of embrittlement of Zr-1%Nb VVER cladding under LOCA-relevant conditions / L. Yegorova, K. Liutov, N. Jouravkova, et al. // NUREG/IA-0211, IRSN-194, NSI RRC KI 3188. – U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2005. – 274 p.
<https://www.nrc.gov/docs/ML0511/ML051100343.pdf>
9. Pylypenko M.M. Magnesium-thermal method of sponge zirconium obtaining / M.M. Pylypenko, T.B. Yanko, A.O. Drobyshchenska // PAST. – 2024. – N 1. – P. 52-58. <https://doi.org/10.46813/2024-149-052>

10. Processing substandard materials of magnesium-thermal zirconium production / M.M. Pylypenko, T.B. Yanko, Yu.S. Stadnik, A.O. Drobyshevska // PAST. – 2019. – N 5. – P. 135-141.
https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2019_5/article_2019_5_135.pdf
11. O.V. Yefimov, M.M. Pylypenko, T.V. Potanina, et al. Processing of experimental data of the process of refining nuclear material Zr1%Nb by electron-beam melting by means of interval analysis methods // PAST. – 2019. – N 5. – P. 118-123.
12. T.V. Potanina, O.V. Yefimov, M.M. Pylypenko. Interval model for assessing the purity of nuclear structural metals by microhardness // PAST. – 2024. – N 1. – P. 189-193. <https://doi.org/10.46813/2024-149-189>

ОЦІНЮВАННЯ УРАЗЛИВОСТІ ТА ВІДНОВЛЮВАНOSTІ СКЛАДНИХ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ

*Мол. наук. співр., канд. техн. наук Д. О. Поліщук¹,
пров. наук. співр., докт. техн. наук О. Д. Поліщук¹,
зав. лаб., докт. фіз.-мат. наук М. С. Яджак^{1,2}*

**¹Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я. С. Підстригача НАН України, м. Львів, Україна,**

²Львівський національний університет ім. І. Франка, м. Львів, Україна

Вступ. Однією з важливих проблем, яка досліджується у теорії складних мереж (ТСМ), є аналіз уразливості реальних природних та створених людиною мережесистем (МС) до дії різномірних негативних впливів [1]. Такі впливи можуть бути внутрішніми або зовнішніми по відношенню до системи, мати локальний, груповий чи загальносистемний характер, до того ж локальні ураження можуть переростати у групові, а групові – у загальносистемні, як це відбувається під час поширення епідемій небезпечних інфекційних захворювань [2] і т. ін. Серед подібних впливів ми насамперед виділяємо цілеспрямовані атаки та нецільові ураження системи. Перші вирізняються наявністю «зловмисника» та цілі, яку він намагається знищити (терористичні та хакерські атаки), другі можуть мати як природне, так і штучне походження, але ні цілі, ні явного нападника не мають (стихійні лиха, техногенні катастрофи і т. ін.) [3]. У ТСМ основна увага приділяється розробленню стратегій захисту від послідовних цілеспрямованих атак на найважливіші зі структурного погляду елементи системи [4]. Однак, значно небезпечнішими як з погляду забезпечення захисту, так і подолання наслідків є одночасні групові та загальносистемні ураження МС [5]. Окрім того, дестабілізувати чи припинити функціонування системи можна і за неуразженої структури, як це сталося із авіаційною системою України під час російсько-

української війни. Загалом аналіз уразливості реальних систем повинен передбачати не лише забезпечення їх захисту від негативного впливу певного типу, але й розроблення стратегій протидії поширенню цих уражень та подоланню їх наслідків.

Ураження системи та подолання наслідків негативного впливу. Реакцію МС на конкретний негативний вплив можна поділити принаймні на три етапи, на кожному з яких перед системою постають різні завдання:

- 1) прогнозування реальних та потенційних ризиків впливу та розроблення ефективних засобів захисту від нього до початку його дії;
- 2) протидія поширенню впливу та мінімізація наслідків ураження під час його дії;
- 3) відновлення стану та процесу функціонування системи після закінчення дії негативного впливу.

Лише за останні п'ять років людство зіштовхнулося з низкою глобальних загроз: пандемією Covid-19, російсько-українською війною, бойовими діями Ізраїлю з Хамасом та іншими терористичними угрупованнями тощо. Перша із них є яскравим прикладом нецільового ураження, інші – прикладами цілеспрямованих атак на реальні системи. Очевидно, що дії для захисту, протидії поширенню негативного впливу та повернення відповідної системи до нормальної життєдіяльності у кожному із цих випадків суттєво відрізняються. При цьому слід враховувати, що жодна велика складна система не в змозі захистити або одночасно відновити усі свої елементи. Основною причиною цього зазвичай є недостатність ресурсів (людських, матеріальних, фінансових тощо).

Забезпечення захисту системи. Неможливість одночасного захисту усіх елементів МС означає необхідність оцінювання важливості її вузлів та зв'язків між ними з метою визначення складових, які потребують першочергової уваги. У ТСМ у якості показників важливості вузлів використовуються так звані структурні центральності (за ступенем, посередництвом, близькістю, власним значенням тощо). Всього таких показників натеper налічується більше 20, що свідчить про їх неоднозначність та можливість неправильної оцінки важливості елементів системи [6]. Додатковою проблемою є обчислювальна складність визначення таких показників, як центральність за посередництвом або власним значенням для МС, які налічують мільйони і більше вузлів. У монографії [2] з цією метою пропонується використання функціональних центральностей (параметрів потокового впливу, посередництва та взаємодії елемента із мережевою системою), які дають змогу значно адекватніше оцінювати важливість вузлів та ребер у процесі функціонування МС. Визначені на підставі емпіричних даних, ці показники дозволяють будувати найбільш ефективні стратегії захисту не лише від цілеспрямованих атак, але й нецільових уражень системи, наприклад, епідемій небезпечних інфекційних захворювань. Не менше значення поряд з показниками важливості відіграють

поточні показники захищеності елементів системи, адже навіть рівноважливі вузли можуть бути захищені по-різному.

Протидія поширенню ураження та мінімізація його наслідків. Ефективність протидії розповсюдженню негативного впливу насамперед залежить від двох чинників, а саме, готовності системи до початку дії такого впливу, тобто її захищеності від нього, та швидкості поширення ураження. Очевидно, що найбільш небезпечними є негативні впливи, яким в силу об'єктивних причин неможливо протидіяти (землетруси, стихійні лиха та техногенні катастрофи, каскадні явища в енергетиці [7] тощо). Однак, навіть у цих випадках мінімізувати наслідки уражень можна шляхом своєчасної евакуації населення та/або введення карантинних зон. Складною також є протидія швидкому розповсюдженню ураження, яке з локального переростає у групове (епідемія з окремого регіону, наприклад, провінції Ухань у Китаї поширювалася країною) та з групового – у загальносистемне (епідемія охоплює всю планету). Ураження кожного вузла МС прямо чи опосередковано негативно впливає на усі пов'язані із ним елементи системи. Це означає, що першочерговому відновленню під час дії негативного впливу підлягають саме ті вузли та ребра, які мають найвищі показники центральності обраного типу, наприклад, об'єкти енергетичної інфраструктури, які забезпечують електроенергією найбільшу кількість споживачів.

Подолання наслідків негативного впливу. Жодна велика складна система не в змозі одночасно відновити усі уражені унаслідок масових негативних впливів елементи. Тому розроблення стратегій повернення системи до нормального функціонування означає необхідність об'єктивного оцінювання масштабності ураження та визначення пріоритетності вузлів та зв'язків МС, які потребують першочергового відновлення. При цьому послідовність показників пріоритетності відновлення зовсім не обов'язково співпадає із послідовністю показників важливості захисту, оскільки важливий для системи об'єкт може залишитись практично неуразеним унаслідок дії негативного впливу. Зазначимо, що як під час визначення показників важливості захисту, так і при обчисленні показників пріоритетності відновлення ми використовуємо структурну та потокову моделі мережевої системи [2]. При цьому потокова модель МС дає змогу значно точніше ідентифікувати опосередковано постраждалі унаслідок ураження певної групи вузлів елементи системи, визначаючи їх роль як генераторів, кінцевих приймачів та транзитерів потоків. Більш того, оскільки кожна реальна система взаємодіє з багатьма іншими системами, структурна та потокова моделі таких взаємодій, які описуються так званими багатошаровими мережами та системами, дозволяють визначати опосередковано постраждалі елементи усіх систем, пов'язаних із ураженою.

Комплексне оцінювання захищеності та відновлюваності складних мережевих систем. У монографії [2] розроблена методика комплексного оцінювання стану та ефективності функціонування складних

мережевих та ієрархічно-мережевих систем (ІМС) у некризових для них ситуаціях. Ця методика базується на інтерактивному, регулярному (плановому) та регресивному аналізі поведінки складових МС та ІМС, починаючи від елементів та закінчуючи системою загалом. Для формування відповідних висновків використовуються методи локального, прогностичного та агрегованого оцінювання стану та процесу функціонування елементів системи. Запропоновані у [2] методи комплексного оцінювання нескладно адаптувати для дослідження уразливості та відновлюваності складних систем, які знаходяться під загрозою або вже піддалися дії певного негативного впливу. Зокрема, для аналізу захищеності та відновлюваності МС та ІМС пропонується використання методів регулярного, а для аналізу протидії поширенню ураження елементами системи – інтерактивного оцінювання. Окрім того, для передбачення віддалених наслідків дії негативного впливу, наприклад, Covid-19 або російської агресії проти України, пропонується застосовувати методи регресивного аналізу («пошуку новизни»). Практичне застосування методики комплексного оцінювання надає змогу забезпечити кращий захист системи від дії негативного впливу, ефективніше протидіяти його поширенню мережею та сприяти якнайшвидшому поверненню її складових до нормальної життєдіяльності.

Паралельна організація обчислень в задачах оцінювання уразливості та відновлюваності складних мережевих систем. Задачі оцінювання стану та процесу функціонування реальних великих складних систем як у штатних, так і кризових ситуаціях для свого розв'язання потребують значних обчислювальних затрат. Тому потрібно розробляти паралельні методи та алгоритми оцінювання, орієнтовані на реалізацію на сучасних засобах суперкомп'ютерного класу (комп'ютерах з багатоядерними процесорами, обчислювальних кластерах, гібридних архітектурах (кластер із залученням графічних процесорів та інших прискорювачів спеціалізованих обчислень), високопродуктивних обчислювальних середовищах тощо). З цією метою у [8] запропоновано загальний підхід до оптимізації обчислень під час оцінювання об'єктів ІМС з використанням крупноблочного розпаралелювання. Цей підхід ґрунтується на попередньому опрацюванні в режимі реального часу вхідних даних та одночасному виконанні блоків обчислень із заданих сукупностей на етапі оцінювання певної кількості складових (елементів, підсистем різного рівня ієрархії) системи.

Для попереднього опрацювання великих масивів вхідних даних про об'єкти ІМС у [9] побудовано низку ефективних паралельних алгоритмів цифрової фільтрації, зокрема алгоритми з автономними гілками та алгоритми з обмеженим паралелізмом. У [2, 10] розроблено паралельні алгоритми обчислень у межах кожного із згаданих вище блоків під час дослідження складових МС та встановлено, що їх прискорення є суттєвим. Зауважимо, що ці результати більше стосуються планового оцінювання, тобто можуть бути використані для аналізу захищеності та відновлюваності МС і ІМС.

У [2, 11] запропоновано та досліджено паралельні алгоритми інтерактивного оцінювання (включаючи локальне та агреговане оцінювання) процесу функціонування об'єктів системи і показано доцільність їх практичного застосування. Тут слід зазначити, що ці результати можна використати для швидкого аналізу протидії поширенню ураження елементами МС. Певні підходи до організації паралельних обчислень під час прогнозування результатів планового та інтерактивного оцінювання [2] цілком можна застосувати для передбачення наслідків різноманітних негативних впливів на складові ІМС.

Запропоновані паралельні алгоритми оцінювання об'єктів МС та ІМС виявляють потенційні можливості розпаралелювання обчислень та дозволяють враховувати доступний обсяг ресурсів суперкомп'ютера (кількість процесорів, вузлів, продуктивність комунікаційного середовища, обсяг пам'яті тощо).

Висновки. Будь-яка реальна система може потрапити під дію природних або спровокованих людиною негативних впливів. Однією із основних складових побудови ефективних стратегій захисту складних МС є оцінювання ймовірності загрози, важливості елементів системи та рівня їхнього захисту від негативного впливу до початку його дії. Водночас, для подолання наслідків цього впливу та якнайшвидшого повернення системи до нормальної життєдіяльності не менш важливим є об'єктивне оцінювання масштабності ураження та пріоритетності відновлення її елементів. У роботі пропонується комплексний підхід до реалізації методів оцінювання важливості складових мережевих систем, який надає змогу вибудовувати найбільш ефективні стратегії захисту та подолання наслідків ураження реальних МС та ІМС на усіх етапах дії негативного впливу.

Посилання

1. X. Liu et al, Network resilience, Physics Reports, 971 (2022) 1-108.
2. О. Поліщук, М. Яджак, Моделі та методи комплексного дослідження складних мережевих систем та міжсистемних взаємодій. ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів, 2023, 385 с.
3. Y. Sawada, M. Bhattacharyay, T. Kotera, Aggregate impacts of natural and man-made disasters: A quantitative comparison, International Journal of Development and Conflict, 9:1 (2019) 43-73.
4. Q. Nguyen et al, Conditional attack strategy for real-world complex networks, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 530 (2019) 12156.
5. О. Polishchuk, Protection of multilayer network systems from successive, group and system-wide targeted attacks. In: V. Vychuzhanin (ed) Avances in information-control systems and technologies, Liha-Pres, Lwow-Torun', 2024, pp. 315-340.
6. J. Mariyam, D. S. Lekha, Need for a realistic measure of attack severity in centrality based node attack strategies. In: R. M. Benito, et al (eds.) Complex Networks and Their Application X, pp. 857-866, Springer, Cham (2022).

7. L. D. Valdez et al, Cascading failures in complex networks, Journal of Complex Networks, 8:2 (2020) сnaa013.
8. М. С. Яджак, О. Д. Поліщук, М. І. Тютюнник, Оптимізація методики комплексного оцінювання складних систем на підставі паралельних обчислень, Інформатика та математичні методи в моделюванні, 6, № 4 (2016) 347-356.
9. М. S. Yadzhak, Parallel Algorithms for Data Digital Filtering, Cybernetics and Systems Analysis, 59, No 1 (2023) 39-48.
10. O. Polishchuk, D. Polishchuk, M. Tyutyunnyk, M. Yadzhak, Big Data Processing in Complex Hierarchical Network Systems: II. Computer environments and parallelization, AASCIT Communications, 3, No 3 (2016) 119-124.
11. О. Д. Поліщук, М. С. Яджак, Мережеві структури та системи: IV. Паралельне опрацювання результатів неперервного моніторингу, Системні дослідження та інформаційні технології, 2 (2019) 105-114.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ НАКОНЕЧНИКІВ ЗОНДІВ ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО ЗОНДУВАННЯ КОНУСОМ

*Аспірант А.А. Рудін, канд. техн. наук П.І. Несевря
Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
ННІ “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”
м. Дніпро, Україна*

Аддитивне виробництво (також відоме як 3D-друк) активно впроваджується в стратегії розробки продуктів для розвідки і експлуатації надр, часто змінюючи саму парадигму виробництва. Завдяки цьому можна створювати легкі та міцні елементи бурового обладнання з суттєвою економією матеріалу [1, 2]. Це повною мірою стосується й інженерно-геологічних вишукувань, складовою частиною яких є динамічне зондування, до складу обладнання якого входять в т.ч. і численні витратні матеріали у вигляді конусів, що втрачаються при роботі в щільних і в'язких ґрунтах.

Породоруйнівний інструмент, в якому належать і наконечники зондів, відчуває серйозні впливи, які мають бути враховані під час його виготовлення. Особливістю процесу 3D-друку є та обставина, що шар матеріалу, що додається, з'єднується з вже сформованим шаром. При цьому атоми металу часто формують кристали, що нагадують за формою дерева – дендрити, тоді як переважною формою є зерно у вигляді багатогранної або округлої форми кристала.

Така структура донедавна обмежувала міцність та пластичність металевих сплавів, вироблених способом металевих 3D-друку. Отримати

рівноосну зернисту структуру вдалося лише впровадивши гібридні технології адитивного виробництва, зокрема чергування наплавлення алюмінієво-магнієвого сплаву з пошаровими пластичними деформаціями (проковуванням) за допомогою ударного впливу пневмомолотка.

Створенням високоміцних сплавів для 3D-друку, придатних для зазначених цілей, працюють багато компаній у різних країнах. Зокрема, група адитивного виробництва компанії «3D Systems» (США) представила два нові високоміцні сплави для металу у своїх системах 3D-друку, які можуть знайти широке застосування. Першим новим матеріалом є Certified Scalmalloy (A), алюмінієво-магнієвий сплав, який вважається найміцнішим алюмінієвим сплавом для 3D-друку.

Відповідно до опублікованих даних компанією «3D Systems», матеріал Scalmalloy є значно міцнішим за еталонний матеріал AlSi10Mg. Також «3D Systems» вказала, зокрема, що цей сплав має межу міцності на розрив 520 МПа та межу плинності 480 МПа. Другий матеріал – сертифікована сталь M789 (A), іменована як "загартована нержавіюча сталь", яка може застосовуватися в т.ч. і для виробництва високоміцних інструментів [3]. Також можна зазначити можливість використання сплавів на основі алюмінію AlSi12 та AlSi7Mg0,6 та нержавіючої сталі 17-4PH, що були розроблені компанією SLM Solutions (Любек, Німеччина), яка є одним з провідних розробників і виробників обладнання та матеріалів для 3D-друку.

Таким чином, зазначені матеріали цілком можуть бути використані для виготовлення наконечників зондів для динамічного зондування. Однак за критерієм «вартість-ефективність» варіанти з нержавіючих сталей передбачаються надмірними та нерентабельними для масового виробництва, зважаючи, зокрема, на одноразовий характер використання більшості наконечників.

У цьому випадку оптимальними для зазначених цілей можуть бути сплави на основі алюмінію та магнію. Крім того, для покращення економічного ефекту використання та загального розвитку галузі слід приділити увагу вітчизняному виробництву як пенетрометрів, так і витратних елементів до них, зокрема виконаних методами 3D-друку.

Висновки: Наконечники зондів на основі запропонованого сплаву будуть найбільш затребувані для забивних зондів, наприклад, типу ЛДАТЕ, при дослідженні лесових ґрунтів. Причому як у зоні капілярної кайми вище рівня ґрунтових вод (РГВ), так і у ґрунтах, що залягають нижче та будуть ефективними при роботі з різноманітними техногенними ґрунтами.

Посилання

1. Nowakowski L.; Skrzyniarz M.; Blasiak S. Analyzing the Potential of Drill Bits 3D Printed Using the Direct Metal Laser Melting (DMLM) Technology to Drill Holes in Polyamide 6 (PA6). *Materials*. 2023; 16(8):3035. <https://doi.org/10.3390/ma16083035>

2. Liu, B.; Wang, Y.; Jiang, J.; Zhang, B.; Zhou, J.; Huang, K. Application of Three-Dimensional Printing Technology to the Manufacture of Petroleum Drill Bits. Processes 2023, 11, 2706. <https://doi.org/10.3390/pr11092706>
3. Нова технологія для нестандартних сплавів 3DP. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://on-v.com.ua/novosti/tehnologii-i-nauka/novaya-tehnologiya-dlya-nestandardnyx-splavov-3dp/>

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗДОРОВ'Я ДИСПЕТЧЕРІВ СЛУЖБИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РІШЕННЯ ЇХ ВИРОБНИЧИХ ЗАВДАНЬ

Проф., канд. техн. наук Я.О. Сєріков

*Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна*

Важливим напрямком у стратегіях розвитку економічно розвинутих країн є збереження здоров'я трудового потенціалу, в тому числі й у галузі залізничного транспорту. Така позиція держав обумовлена й тим, що неналежна організація умов, охорони праці, що базується на положеннях законодавчих і нормативних актах, забезпечить не тільки збереження здоров'я працівників, а й одночасно позитивно вплине на якість, продуктивність праці, тобто підвищить конкурентоздатність підприємства. При цьому, проектування нових рішень у забезпеченні безпечних і нешкідливих умов праці відбувається, в основному, з використанням інформаційних технологій [1, 2]. В нашій країні також на ряді провідних підприємств, керівники яких розуміють комплексну сутність проблеми, приділяється достатньо значна увага до вирішення таких завдань.

Результати досліджень, що відносяться до сфери діяльності диспетчерів служби залізничного транспорту свідчать, що умови праці цієї категорії працівників в багатьох випадках потребують вдосконалення [3 - 5]. В своїй основі це обумовлено відсутністю як системного підходу, так і застосування інформаційних технологій у вирішенні завдання менеджменту охороною праці. На доповнення такий стан визначається й недостатнім розумінням окремими роботодавцями важливості й економічного ефекту, що формується в результаті належного стану охорони праці. Публікації досліджень з цього питання свідчать, що його вирішення на даний період часу в нашій країні виконується за наступними основними напрямками [6, 7]: 1 – доведення до нормативних значень параметрів з охорони праці для локальних, тобто окремих робочих місць у визначених ділянках, відділах, що входять до структури підприємства; 2 – використання методу компенсації ушкодження здоров'я тих працівників, які працюють в робочій зоні, в якій наявні шкідливі чи небезпечні фактори з рівнем, що вищий за гранично допустимий.

Завдання, що вирішують за першим напрямком, являють собою, наприклад, нормалізацію рівня освітленості, мікрокліматичних умов, вентиляції виробничих приміщень тощо, на окремих виробничих ділянках, тобто представляють собою локальні заходи з охорони праці [6, 7]. На доповнення до цього, при впровадженні положень, що утримують нормативно-правові акти, не враховується негативний дія на організм людини шкідливих виробничих факторів при їх наявності в робочій зоні в комплексі, тобто декількох видів (наприклад підвищені рівень шуму й концентрації шкідливих речовин в повітрі) [7]. Такі рішення в сукупності є позитивними, але не вирішують комплексного завдання збереження трудового потенціалу.

Другий напрямок за своєю сутністю не спрямований на вирішення завдання збереження здоров'я людини, так як в його основі не закладена функція нормалізації умов праці. Тобто елементи системи «людина – виробниче середовище» не підлягають зміні для досягнення мети системи – потрібний рівень продуктивності праці з одночасним виконанням умови збереження здоров'я людини під час виконання нею виробничих завдань. Необхідно зазначити, що при реалізації такої методики, як доповнення, виникають і додаткові економічні затрати підприємства, що необхідні для реалізації компенсацій утрати здоров'я [7 - 9]. Отже з цього виходить, що рішення з охорони праці, які застосовують на даний період часу, не вирішують поставлене завдання з досягнення як працезахоронної, так і економічної ефективності системи «людина – виробниче середовище».

Метою й завданням досліджень є розробка принципів побудови функціональної структури менеджменту системи «диспетчер служби залізничного транспорту – виробниче середовище» на основі системного аналізу й інформаційних технологій. При цьому, елемент системи «виробниче середовище» розглядається комплексно і включає, як її елементи, умови праці, характерні особливості професійної діяльності диспетчера, його психоемоційний стан, ергономіку робочого місця, режим «праця – відпочинок».

З метою вирішення поставленого завдання потрібно зробити аналіз функцій, видів робіт, що виконує диспетчер служби залізничного транспорту. До їх переліку відносяться: - керування визначеною ділянкою для забезпечення безперебійного руху поїздів; - керівництво (Як правило - з високою оперативністю прийняття рішень) роботою працівників, які обслуговують об'єкти визначеної ділянки; - контроль роботи станцій, визначення й запровадження необхідних заходів щодо формування та відправлення поїздів згідно з графіком їх руху; - контроль за рухом поїздів по відеотерміналу; - контроль і оперативне управління підстанціями системи електропостачання залізничного транспорту; - отримання, накопичення, аналіз і розподілення інформації про роботу визначеної ділянки, обов'язкова вказівка всіх порушень нормальної роботи, їх причини; - анімація поточного стану визначеної ділянки на мнемосхемі; - оперативне сповіщення головного диспетчера й операторів у разі виходу обладнання чи параметрів об'єктів за

нормальні режими (автоматичне звукове та візуальне); - формування й відображення на моніторах стану технологічного обладнання системи електропостачання залізничного транспорту та надання рекомендацій для дій операторів ЦДП; - складання поточної звітної документації; - аналіз протоколів дій операторів та записів реєстраторів швидких подій при спрацюванні системи захисту.

Виходячи з наведеного переліку визначаємо, що виробнича діяльність диспетчерів супроводжується характерними відмінностями, які негативно впливають на їх психофізіологічний стан: - часті перемикання видів діяльності до яких входить аналіз мнемосхеми, аналіз аварійної ситуації й розробка схем необхідних переключень, прийняття оперативної інформації, тривалий час роботи за ПК, висока відповідальність за рішення, що приймаються, виконання окремих завдань та оброблення інформації в умовах дефіциту часу тощо. Тобто така виробнича діяльність фактично відноситься до категорії розумової праці, причому, що характеризується як шкідлива (напружена праця) [10]. Така праця може провокувати виникнення як тільки фізичних, так і психічних розладів [11, 12]. На доповнення до психічної й емоційної напруженості, в приміщеннях диспетчерської спостерігаються й порушення режиму «праця – відпочинок», неналежний стан санітарно-гігієнічних норм в робочій зоні, порушення в організації (в тому числі й вимоги ергономіки) робочого місця. У результаті цього в робочій зоні присутні й такі виробничі шкідливості [13], що також негативно впливають на самопочуття, стан здоров'я диспетчера. Наприклад, у виробничих приміщеннях параметри мікроклімату досить часто не відповідають *допустимим* значенням при низьких температурах зовнішнього повітря в холодний період року й при високих у – теплий. В той же час Положення нормативних актів з охорони праці визначають, що для таких професій повинні забезпечуватися *оптимальні* параметри мікроклімату [14]. Враховуючи описані вище особливості виробничого процесу диспетчерів, умови їх праці, з метою підвищення надійності рішень їх виробничих завдань, збереження здоров'я, розроблена інформаційна система менеджменту «диспетчер служби залізничного транспорту – виробниче середовище» (рис. 1.)

Сучасний рівень розвитку інформаційних та комп'ютерних технологій дозволяє зробити висновок, що розроблення програмного забезпечення для такої системи не буде вимагати значних як трудових, так і економічних затрат та стане ефективним інструментом при вирішенні актуальних сучасних завдань в галузі залізничного транспорту – збереження здоров'я диспетчерів й підвищення надійності й ефективності їх функціонування.

Висновки. Центральні диспетчерські пункти систем залізничного транспорту є надважливим елементом їх структури. Від ступеня надійності їх функціонування в значній мірі залежать ефективність і безаварійність роботи галузі в цілому. Якість діяльності, особливо центральних диспетчерських пунктів, залежить не тільки від кваліфікації персоналу ЦДП, а й від їх стану здоров'я – як фізичного, так і психологічного. Стан їх здоров'я підлягає впливу не



Рисунок 1 – Функціональна схема менеджменту охорони праці в системі «диспетчер залізничного транспорту – виробниче середовище»

тільки від значного професійного навантаження, а й, в багатьох випадках неналежними умовами виробничого середовища, умовами праці, режимом «праця – відпочинок».

Розроблена пропонується методологія й функціональна схема менеджменту охорони праці в системі «диспетчер залізничного транспорту – виробниче середовище» спрямована на системне вирішення завдання створення комфортних умов праці диспетчера в результаті обліку як особливостей його виробничої діяльності, так і умов праці, включаючи й психофізіологічне навантаження.

Посилання

1. Стратегія розвитку США в завданнях охорони праці. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.znakcomplect.ru/poleznosti/example/a-kak-u-nix/oxrana-truda-v-ssha.html>
2. Стратегія розвитку країн ЄС в завданнях охорони праці. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pmguinfo.dp.ua/images/documents/ohrana_truda/upravl_ot.pdf
3. Серіков Я. О., Нікітченко О. Ю., Серікова К. С. Стан та проблеми виробничого й побутового електротравматизму в Україні / НТЗ «Комунальне господарство міст», 2021, т. 4, вип. 164, с. 234 – 239. – Режим доступу: <https://khg.kname.edu.ua/index.php?journal=khg&page=article&op=view&path%5B%5D=5844&path%5B%5D=5763>
4. Серіков Я. О., Хворост М. В., Панасенко С.М. Стан охорони та безпека праці в АК «Харківобленерго» / Матер. Міжнар. н-т. конф. «Енергоефективна техніка та технології» // НТЗ «Комунальне

- господарство міст» № 118 (1), Харків : ХНУМГ, 2014. С. 152 – 154. – Режим доступу: <https://khg.kname.edu.ua/index.php?journal=khg&page=article&op=view&path%5B%5D=4963>
5. Серіков Я. О. Комплексний статистичний аналіз причин виробничого травматизму в галузі електроенергетики України / Матер. V Міжнар. н-т конф. «Новітні технології в електроенергетиці», Харків: ХНУМГ, 2015. С. 64-66
6. Голінько В. І., Іконніков М. Ю., Лебедєв Я. Я. Охорона праці в галузі інформаційних технологій. МОН України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ : НГУ, 2015. – 246 с.
7. Серіков Я. О. Промислова безпека та соціальний захист працівників виробничих підприємств, компаній і корпорацій (організація монтажу, ремонту і експлуатації виробничих об'єктів) Харків : ХНУМГ – корпорація ШЕЛЛ, 2015. – 247 с.
8. Поторочин С. О., Захарова О. В. Стан охорони праці в розрізі кількості нещасних випадків на виробництві за причинами / Ефективна економіка, № 5, 2012. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1183>
9. Ткаченко І. В., Шпарка І. І. Виробничий травматизм – проблема сучасності: актуальні аспекти, причини та шляхи запобігання / Охорона праці на підприємствах, КНТЕУ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://chtei-knteu.cv.ua/herald/content/download/archive/2013/v2/NV-2013-V2_69.pdf
10. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, наказ МОЗ від 08.04.2014 № 248. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>
11. Професійно значущі психологічні якості диспетчерської служби залізничного транспорту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/4_SND_2009/Psihologia/40378.doc.htm
12. Серіков Я. О. Психологічні аспекти забезпечення промислової безпеки персоналу виробничих підприємств / Матер. VI Междунар. науч.-теорет. интернет-конф. «Город. Культура. Цивилизация.». Харьков : ХНУГХ, 2016. С. 257 – 260.
13. Міждержавний ДСТУ 12.0.003-2015*. ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>
14. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

РУЙНУВАННЯ ФУТЕРІВКИ КОВШУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ОБЕРТОВОЇ ЗАГЛИБНОЇ ФУРМИ

*Проф., докт. техн. наук Є.М. Сігарьов, аспірант Д.В. Єськов,
доц., канд. техн. наук О.А. Чубіна, доц., канд. техн. наук М.А. Кащев,
Д.М. Терещенко*

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна

Очікуваним технічним результатом використання запропонованої [1] технології десульфурзації чавуну з використанням обертової заглибної фурми є: забезпечення сталого і рівномірного введення суміші на основі флюїдизованого вапна та гранульованого магнію з інтенсивністю понад 25 кг/хв. зі збільшенням площі поверхні контакту газомagneїєвих пузирів із розплавом; підвищення ефективності реакції десульфурзації і зниження втрат магнію за рахунок запобігання концентрованим проривам газу на поверхню ванни при збільшенні зони розсіювання спливаючих до поверхні ванни газових пузирів без їх угруповання в об'ємі розплаву; забезпечення технологічних та безпечних умов обробки чавуну в ковші без виплесків розплаву при зменшенні висоти вільного простору над поверхнею ванни аж до 200-250 мм.

Конструкція футерівки заливальних ковшів з початку впровадження ковшової десульфурзації чавуну перетерпіла ряд суттєвих змін. Так, при використанні ковшів тільки для транспортування чавуну, робочу футерівку днищ та стін виготовляли із шамотного вогнетриву різної товщини ($Al_2O_3 > 40\%$). Середня стійкість ковшів у 150 плавов, після впровадження технологій десульфурзації, скоротилася до 100 плавов, що призвело до проблем із забезпеченням логістики конвертерного цеху [2]. Пошук раціональних рішень та поетапний перехід до використання андалузиту, муліту, бокситу, $Al_2O_3-SiC-C$ та комбінованих футерівок забезпечив збільшення строку служби від 974 до 1489 плавов, при максимально досягнутому значенні у 1718 плавов. Підвищення частки Al_2O_3 у наступних поколіннях ковшових вогнетривів забезпечило підвищення корозійної стійкості, введення до їх складу вуглецю – стійкості до розтріскування і проникненню шлаку, а введення SiC – попередження окислення вуглецю вогнетриву.

На відміну від досліджень, присвячених зношенню футерівки сталерозливних ковшів, кількість публікацій стосовно досліджень зношення футерівки чавунозаливальних ковшів обмежена. Загальному аналізу тенденцій напрямків розвитку способів футерування сталерозливних ковшів присвячено роботу [3], а закономірностям зношення футерівки імелера у процесі KR – робота [4].

Автори доповіді дослідження гідрогазодинамічної картини у ковшовій ванні при вдуванні газу крізь сопла обертової Т-подібного наконечника фурми проводили з використанням авторської методики на установці ізотермічного моделювання. При моделюванні використовували одно- та

двосоплові Т-наконечники фурм із циліндровими соплами діаметром 0,0012 та 0,001 мм відповідно. Швидкість обертання фурми навколо вертикальної осі змінювали в межах від 0 до 120 об/хв при витратах газу (компресорного повітря, тиск 5,2-5,5 МПа) на продування ванни від 1,0 до 2,2 л/хв відповідно.

Виявлено, що інтенсифікація перемішування ванни при обертанні газових струменів підвищує швидкість масовіддачі, оскільки дотичне напруження, що виникає в рідині, викликає подрібнення газових пузирів, що у свою чергу призводить до збільшення об'єму барботажних зон та поверхні реагування фаз. При незначній газонасиченості переміщення потоків в рідкій ванні відбувається при крупномасштабній структурі. Встановлено, що зі зростанням газонасиченості ванни відносна швидкість потоків підвищується (формується кільцева структура або структура туману).

Чисельним моделюванням із використанням математичної моделі [5] отримані картини гідрогазодинаміки ванни у 230-т заливальному ковші ПрАТ «Камет-Сталь» при промислових параметрах вдування газу-носію крізь сопла Т-подібної заглибної фурми.

При побудові моделі враховані наступні фактори:

- суміш газу-носію з газоподібним магнієм, що утворюється у при переході гранульованого магнію у пароподібний стан після його заглиблення у металеву ванну, переміщується у напрямку обертання сопел Т-подібного наконечника фурми;

- сопла фурми розташовані на визначеній висоті відносно днища ковша;
- граничні умови мають тривимірну конфігурацію;
- газорідинне середовище має соленоїдальний характер руху.

На рис. 1 представлені розподіл поля швидкостей та концентрації газу-носію, що вдувається крізь сопла нерухомої (а, в) і обертової (б, г) Т-подібної фурми у вертикальному (за віссю фурми) та горизонтальному (на висоті 1600 мм) перетинах заливального ковша. Порівнянням отриманих картин розвитку барботажу та встановлених напрямків потоків рідини на ізотермічній моделі підтверджена адекватність математичної моделі.

Встановлені особливості зміни у гідродинаміці ванни при обертанні сопел наконечника фурми безумовно мають вплив і на характер профілю (глибину зношення у різних зонах по висоті ($\Delta h_{\text{фут}}$) та інтенсивність зносу (I , мм/хв) робочого шару футерівки ковша.

Для вивчення особливостей ерозійного зношення (у зонах контакту металевого розплаву з вогнетривом) у якості моделі робочого шару футерівки використали пластини з гімалайської солі ($\rho = 2,185 \text{ г/см}^3$) закріплені на стінах ковша. Для порівняльного аналізу і визначення профілю зносу на поверхні пластин було виділено три контрольні зони: 1 – верхня частина футерівки ковшу, 2 – середня і 3 – нижня частина відповідно.

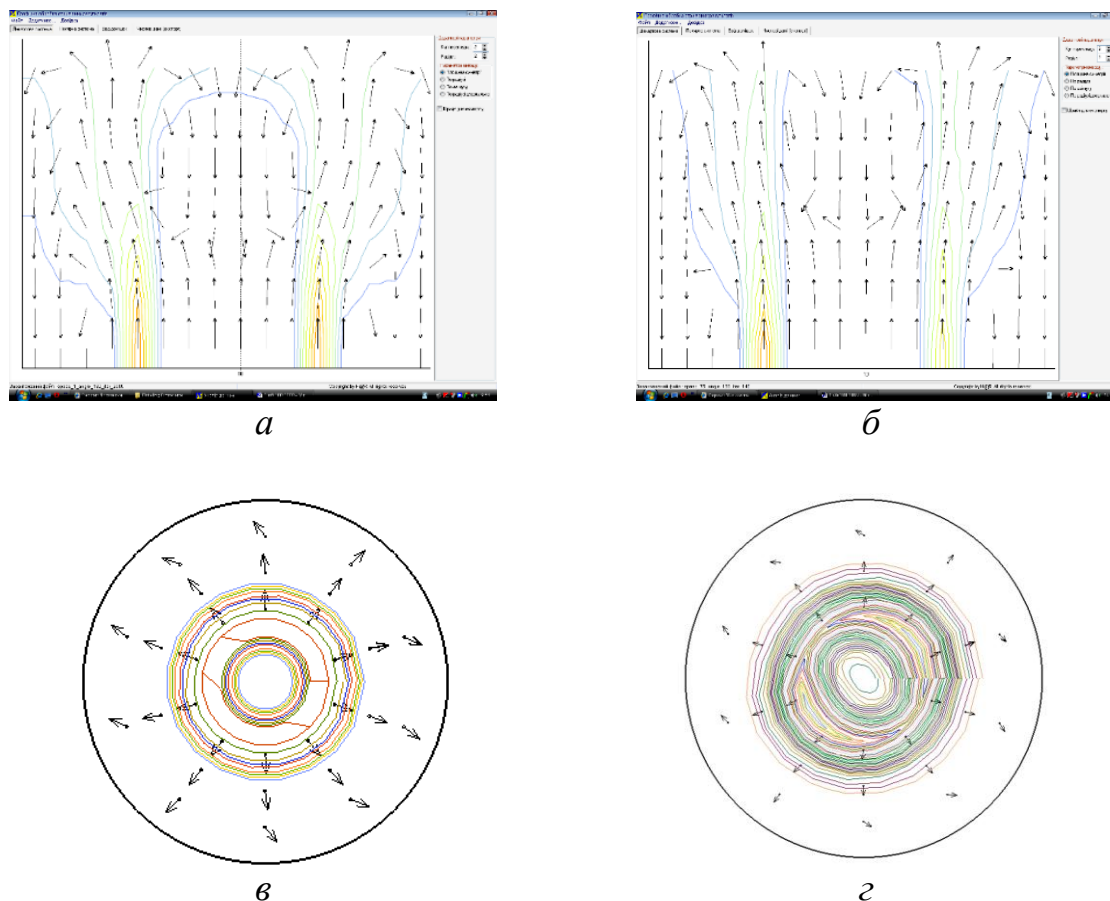


Рис. 1. Напрямок та розкриття газових потоків у барботажних зонах при вдуванні газу крізь сопла Т-подібного наконечника заглибної фурми. Розріз (а, б) та перетин ванни на висоті 1600 мм для нерухомої (а) та обертової (75 об/хв) (б) фурми з Т-подібним наконечником

У якості газу для продування рідкої ванни (води, підігрітої до температури 45 °С) використали стиснене компресорне повітря (тиск 5,5 атм). Після закінчення кожного експерименту проводили механічне сканування поверхні пластин із використанням шаблону і штангенциркуля (точність вимірювання 0,1 мм). Проведено серію експериментів у кожному із діапазонів швидкості обертання фурми (V): від 0 об/хв для нерухомої і до 120 об/хв – для обертової. Тривалість продування ванни у всіх експериментах складала 600 с.

За результатами обробки отриманих даних встановлено основні залежності між інтенсивністю вдування газу (Q , л/хв), V та глибиною зношення футерівки ковшу у контрольних зонах $\Delta h_{\text{фут}}^i$, мм, у тому числі при роботі Т-подібної фурми у нештатному режимі (із закупорюванням одного із сопел наконечника [6]). Отримані моделі, придатні для прогнозування змін профілю робочого шару футерівки ковшу (зміни товщини футерівки у проміжку від границі шлак-метал до днища ковшу) при переході до використання обертової Т-подібної фурми, мають вигляд:

$$\text{Зона 1} \quad \Delta h_{\text{фут}}^{\text{нат}1} = -2,392 + 3,057 \cdot Q + 0,1239 \cdot V - 0,0463 \cdot Q \cdot V$$

$$\text{Зона 2} \quad \Delta h_{\text{фут}}^{\text{нат}2} = -0,835 + 1,835 \cdot Q + 0,117 \cdot V - 0,0499 \cdot Q \cdot V$$

$$\text{Зона 3} \quad \Delta h_{\text{фут}}^{\text{нат}3} = 0,932 + 1,010 \cdot Q + 0,0644 \cdot V - 0,0222 \cdot Q \cdot V$$

На рис. 2 представлені результати моделювання у вигляді поверхні відгуку змін $\Delta h_{\text{фут}}^i$ в залежності від швидкості обертання фурми.

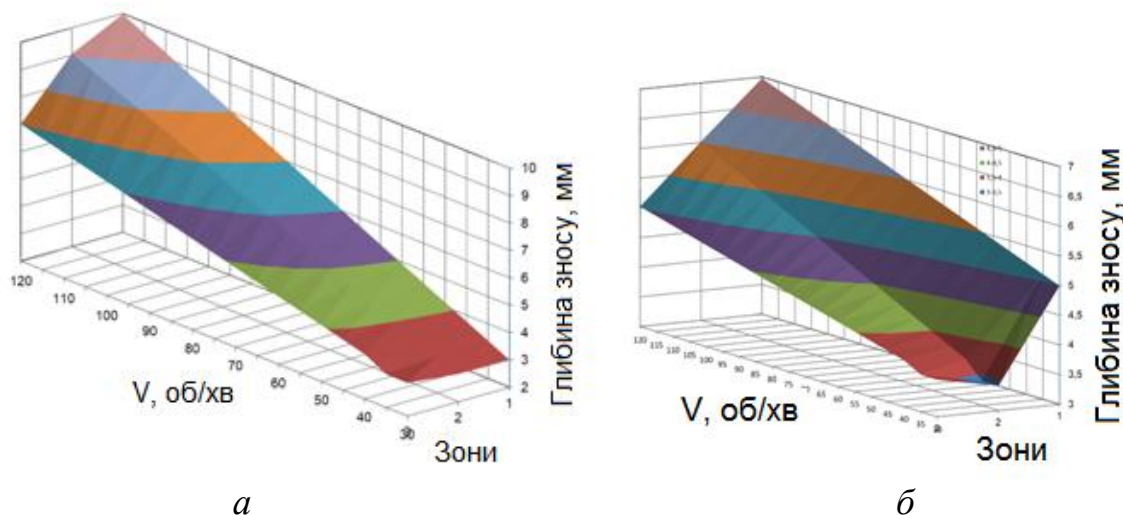


Рис. 2. Залежність глибини зносу футерівки ковшу у різних контрольних зонах в залежності від швидкості обертання фурми та витрат газу:

а – 1 л/хв; *б* – 2,2 л/хв.

Найбільша глибина і інтенсивність I , мм/хв зношення спостерігається у верхніх горизонтах футерівки (зона 1), найменша – у нижніх (зона 3). При використанні нерухомої заглибної Т-фурми, при мінімальних величинах Q , I зменшується від зони 1 до 3, що пояснюється особливостями гідродинаміки ковшової ванни [1, 7]. Зі збільшенням Q до 2,2 л/хв спостерігається мінімізація I у зоні 2 з подальшим її збільшенням по мірі переміщення до днища ковша. Найбільші величини I – у зоні 1 при максимізації витрат газу. Збільшення витрат газу на 55 % призводить до збільшення I на 36 %.

В цілому, для зони 1 збільшення Q з 1,0 л/хв до 2,2 л/хв і V до 120 об/хв, призводить до зменшення I на 36,7 %, для зони 2 – на 55,6%, а для 3 – на 28,5 % відповідно, що може бути пов'язано зі збільшенням кількості локалізованих барботажних зон у середній частині ковшової ванни (рис. 1). Максимізація I (у досліджених діапазонах) спостерігається при швидкості обертання фурми у 120 об/хв при мінімальній витраті газу (1,0 л/хв), а мінімальна I для усього діапазону значень Q – при 55-60 об/хв. Діапазон швидкості обертання фурми у 60-75 об/хв доцільно вважати таким, що забезпечує умови для рівномірного зношення робочого шару футерівки по висоті.

Посилання

1. Sigarev E.N., Chernyatevich A.G., Chubin K.I. and Zarandiya S.A. Desulfurization of hot metal by the injection of disperse magnesium through a submerged rotating. *Steel in Translation*, vol. 41. 2011. No 6, pp. 487-491.

2. Milan C. Application of Refractory Materials in the BOF Steel Plant in TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, *The 7th European Oxygen Steelmaking Conference* (September 9-11, 2014) Trinec, Czech Republic.
3. Стоянов О.М., Нізяєв К.Г., Малій Х.В., Кухар В.В. Застосування вогнетривких матеріалів для сталерозливного ковша. *Вісник Приазовського державного технічного університету (технічні науки)*, вип. 46. 2023. С. 69-78.
4. Li Q., Ma S., Shen X. et al. Computational Evaluation of Flow-Induced Abrasion of Blade and Ladle in Kanbara Reactors for Hot Metal Desulfurization. *JOM*, vol. 74, 2022, pp. 1588–1600. doi.org/10.1007/s11837-021-05120-z.
5. Сігарьов Є.М., Чернятевич А.Г., Гнип Р.Р. Математична модель гідродинамічних процесів при десульфурації чавуну диспергованим магнієм в ковші з використанням заглибної обертової фурми. *Математичне моделювання*. 2008. №1(18). С. 88-91.
6. Єськов Д.В., Сігарьов Є.М. Параметри вдування реагентів та закупорювання Т-подібних наконечників фурм. *Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки)*. Кам'янське: ДДТУ, вип. 1(44). 2024. С.16-26. doi.org/10.31319/2519-2884.44.2024.2.
7. Сігарьов Є.М., Єськов Д.В., Похвалітий А.А., Манукян Т.А. Розподіл металевих крапель між газовою та шлаковою фазами при продуванні ковшової ванни. *Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки)*. Кам'янське: ДДТУ, вип. 2(41). 2022. С. 9-18. doi.org/10.31319/2519-2884.41.2022.1.

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ ХОЛОДНОЮ РОЛИКОВОЮ ПРОКАТКОЮ

Доц., канд. техн. наук І.А. Соловйова, ст. викл. Ю.М. Николаєнко,

проф., докт. техн. наук В.Ф. Балакін,

здобувачі в.о. К.В. Петров, В.М. Серпокріл

Нікопольський факультет (НФ) УДУНТ

Кафедра теорії, технології та автоматизації металургійних процесів НФ УДУНТ

Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)

ННІ Дніпровський металургійний інститут (ДМетІ)

м. Дніпро, Україна

Вступ. Незважаючи на стрімкий розвиток високоінтелектуальних технологій уявити сучасне життя людини без металургії є неможливим. Оскільки це та галузь, продукцію якої ми використовуємо кожного дня. Для виробництва якісної, конкурентоспроможної продукції необхідні фахівці, які будуть володіти посиленою підготовкою в сфері інформаційних технологій та

застосовувати наукові та інженерні методи для вирішення типових та комплексних завдань металургії. Тому повинні змінюватись підходи до підготовки фахівців, структури освітніх професійних програм (ОПП) з використанням сучасних інформаційних технологій та інноваційних методів викладання матеріалу. Такий підхід впливає на структури кваліфікаційних робіт бакалаврів та магістрів. Тому в ОПП «Металургія», яке застосовує Нікопольський факультет Українського державного університету науки і технологій, доданий блок вільного вибору студента, дисципліни якого мають мету – вивчення та використання сучасних інформаційних технологій в інженерній практиці, надання студентам вмінь і компетентностей в розробці та здатності застосування математичних моделей технологічних параметрів, розробці та використанні програмного забезпечення для розробки технологічних рішень і складання проєктної, робочої та технологічної документації об'єктів металургійного призначення. Прикладами використання знань є новий підхід до формування кваліфікаційних робіт бакалаврів, в яких основна частина є розробка програмного забезпечення для проєктування сучасних технологій виробництва прокату та труб різними способами виробництва.

Постановка задачі. Виробництво холоднодеформованих труб одного і того ж сортаменту призводить до використання різних технологічних схем їх виготовлення, із заготовки різних розмірів за різне число циклів деформації. Під час проєктування варіантів маршрутів виробництва холоднодеформованих труб необхідно: використовувати в кожному проході маршруту всі можливі варіанти устаткування для холодної прокатки металу, обмежуватися уніфікованими розмірами діаметрів та товщини стінки заготовок, розміри вихідної заготовки обмежувати сортаментом заготовок та використовувати режими деформації, що забезпечують максимальне використання пластичних властивостей металу [1-3]. Мета даної роботи – розробка математичних моделей параметрів деформації для прокатки на станах ХПТР з впровадженням їх до програмного забезпечення технологічного проєктування ділянок ХПТР, яке корисне фахівцям виробництва, дослідникам та студентам при виконанні курсових та дипломних робіт.

Результати дослідження. Результатом аналізу режимів роботи станів ХПТР, відомих методик розрахунків маршрутів [1-3], узагальнення даних і виведених регресійних моделей параметрів процесу, з'явилися алгоритми, за якими і розроблене програмне забезпечення. Для удосконалення методик розрахунків параметрів деформації виконали кореляційно-регресійний аналіз узагальнених експериментальних та практичних даних. Ретельно проаналізували різні апроксимаційні моделі та обрали найточніші, за якими було розроблено відповідне програмне забезпечення.

Аналіз маршрутів і технологічних карт виробництва нержавіючих труб привели до об'єднання сортаменту нержавіючих холоднодеформованих труб в IV групи (таблиця 1). Для груп I-III параметри деформації ідентичні, для

групи IV залежності параметрів деформації більш складні і потребували детальнішого аналізу. Визначено максимально допустимі обтискання по діаметру для труб розглянутого сортаменту, графічне представлення наведено на рисунку 1.

Таблиця 1 - Сортамент холоднодеформованих труб по групах сталей

Група	Вид труб
I	Загального призначення (нержавіючі аустенітні)
II	Підвищеної якості (нержавіючі аустенітні)
III	Загального призначення (нержавіючі феритні)
IV	Тонкостінні та особотонкостінні нержавіючі

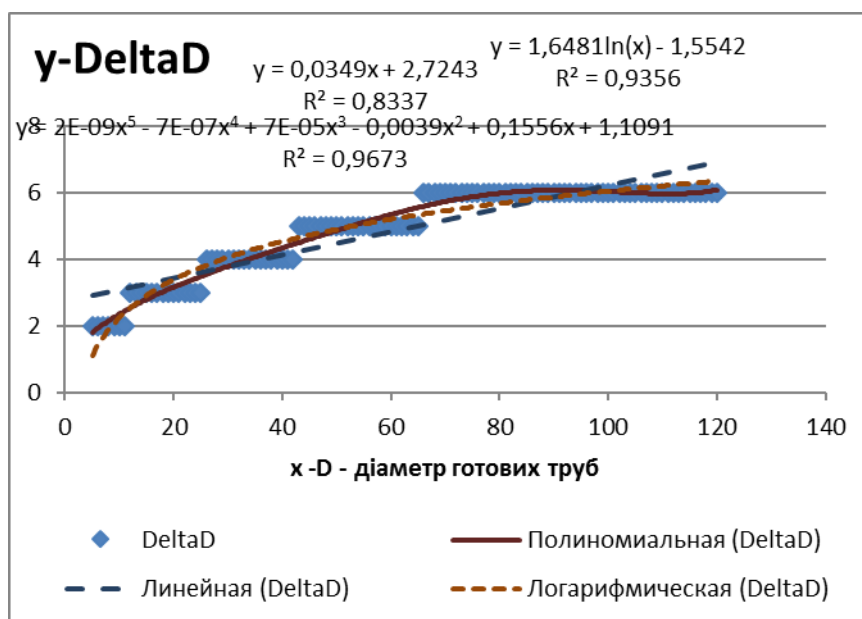


Рисунок 1 – Графічне представлення $\Delta D_{\max}$ та пошук ліній тренду для груп сталей I- III

Розроблено алгоритм визначення розмірів заготовки, який представлений наступними етапами розрахунку.

Діаметр заготовки перед проходом на стані ХПТР визначається з інтервалу:

$$D + 2(t_0 - t) + Z \leq D_0 \leq D + \Delta D_{\max} \quad (1)$$

де D – діаметр готової труби; D_0 – діаметр заготовки; t – товщина стінки готової труби; t_0 – товщина стінки заготовки; Z – початковий зазор; $\Delta D_{\max}$ – максимальний обтиск по діаметру.

Групи сталей тут і далі відповідають групам, зазначеним в таблиці 1.

Отримані дані представлені у вигляді графіків залежності і апроксимовані регресійними рівняннями. Результати апроксимації представлені на рисунках 1-3.

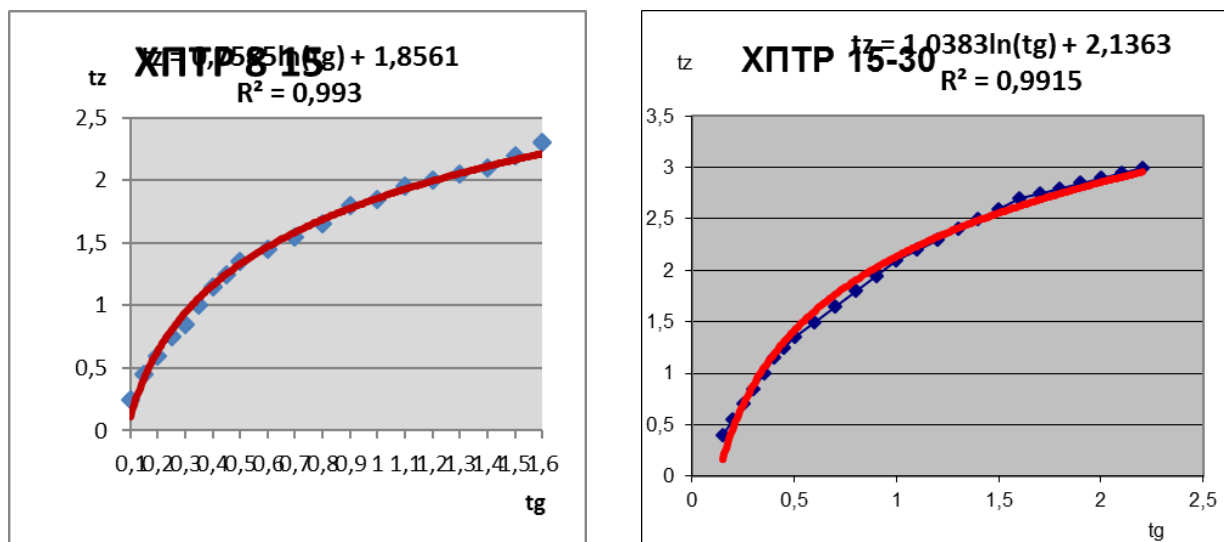


Рисунок 2- Апроксимація регресійними моделями значень товщини стінки заготовки за даними для труб з нержавіючих марок сталей (гр. I- III):
 tg – товщина стінки готової труби; tz – товщина стінки заготовки

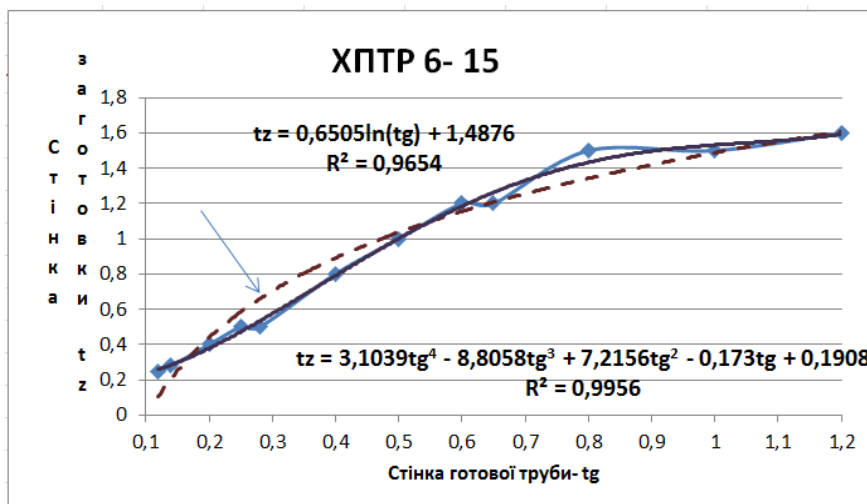


Рисунок 3 - Апроксимація регресійними моделями значень товщини стінки заготовки за даними для тонкостінних та особотонкостінних труб з нержавіючих марок сталей (гр. IV)

Порівняння статистичних даних та обчислених по регресійним моделям (2, 3, 4) дає змогу зробити вибір моделі (4), яка приймається для автоматизованого розрахунку маршрутів для I-III груп сортаменту:

$$\Delta D = 0,0349 * (D) + 2,7243; \quad (2)$$

$$\Delta D = 1,6482 * \ln(D) - 1,5542 \quad (3)$$

$$\Delta D = 1,109 + 0,1556 * D - 0,00387 * D^2 + 0,000073 * D^3 - 0,00000067 * D^4 + 0,000000022 * D^5 \quad (4)$$

Результат з точністю 0,0005 відтворює графічні та експериментальні дані.

Для особо тонкостінних труб залежність ΔD вивчалась від D , t , t/D .

Отримали два варіанта моделей (5, 6), точність яких майже ідентична, що підтверджено множинними коефіцієнтами кореляції (R) та значимістю моделей за коефіцієнтами Фішера (F):

$$\Delta D = 1,5139 - 0,0803D + 1,6486t \quad (R = 0,814796223, F = 19,7524199) \quad (5)$$

$$\Delta D = 0,7639 - 0,0140D + 19,0810t/D \quad (R = 0,855874818, F = 27,3862109) \quad (6)$$

Для розрахунку товщини стінки заготовки виконали аналіз практичних та експериментальних даних для кожного стану ХПТР (для груп I -III це стани ХПТР 8-15, 15-30, 30-60, 60-120 (див. рис. 2, таблиця 2), для групи IV- стан ХПТР 6-15 (див. рис. 3)) та отримали моделі для кожного стану ХПТР.

Таблиця 2 – Зведена таблиця моделей розрахунку товщини стінки заготовки

Стан ХПТР (групи сталей I-III)	Регресійна модель tz – товщина стінки заготовки, tg – товщина стінки готової труби	Стан ХПТР (групи сталей I- III)	Регресійна модель tz – товщина стінки заготовки, tg – товщина стінки готової труби
ХПТР 8-15	$tz = 0,7585 \ln(tg) + 1,8561$ $R^2 = 0,993$	ХПТР 30-60	$tz = 1,3657 \ln(tg) + 2,4952$ $R^2 = 0,9918$
ХПТР 15-30	$tz = 1,0383 \ln(tg) + 2,1363$ $R^2 = 0,9915$	ХПТР 60-120	$tz = 1,9328 \ln(tg) + 2,5605$ $R^2 = 0,9551$
ХПТР 6-15 (гр. ст. I-IV)	$tz = 3,1039tg^4 - 8,8058tg^3 + 7,2156tg^2 - 0,173tg + 0,1908$ $R^2 = 0,9956$ $tz = 0,6505 \ln(tg) + 1,4876$ $R^2 = 0,9654$		

Висновок

Розроблені математичні моделі впроваджені в програму розрахунків маршрутів виробництва холоднодеформованих труб, що вирішує питання проектування маршрутів прокатки на станах ХПТР для різних груп сталей, скорочує час проектування маршрутів, дає можливість обрати оптимальний варіант маршруту за обраними параметрами оптимізації, наприклад за витратним коефіцієнтом металу або кількістю проходів в маршруті, що в свою чергу дає економічний ефект.

Посилання

1. Балакин, В.Ф. Разработка алгоритмов и программного обеспечения расчета параметров производства холоднодеформированных труб прокаткой на станах ХПТР / В.Ф. Балакин, О.Н. Земляная, И.А. Соловьева, Ю.Н. Николаенко // Материалы международной научно-технической конференции «Пластическая деформация металлов». - Днепропетровск, 2014. – С. 144-149.
2. Балакин, В.Ф. Проектування комбінованих маршрутів виробництва холоднодеформованих труб / В.Ф. Балакин, І.А. Соловйова, Ю.М. Николаенко, К.С. Білан // Системні технології. – 2017. – Вип. 4. – С. 56-62.
3. Соловйова І.А., Николаенко Ю.М. Проектування маршрутів виробництва холоднодеформованих труб на станах ХПТР // Системні технології. – 2018. - №1 (114). – С. 160-165.

РОЗВИТОК КОНЦЕПЦІЇ ZERO-WASTE ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Доц., канд. хім. наук Н.О. Стеценко

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

Глобальна проблема ресурсозбереження потребує ефективних шляхів її вирішення. З позицій сучасного інноваційного підходу закордонні та вітчизняні вчені пропонують впроваджувати ресурсозберігаючі моделі, що насамперед спрямовані на зниження видобутку та використання природних ресурсів, а також подальше зниження утворення відходів виробництва.

Одними з інноваційних ресурсозберігаючих моделей є безвідходне виробництво та концепція Zero-waste. При безвідходному виробництві мають застосовуватися технологічні схеми із замкнутими матеріальними та енергетичними потоками. З одного боку, це одноразовий видобуток природних ресурсів для виробництва всієї можливої продукції підприємства. З іншого боку – це підхід, коли готова продукція повинна забезпечувати рентабельне, вигідне для підприємства та навколишнього середовища вторинне використання, переробку або повернення у виробничий процес [1].

Такі підходи притаманні сучасній концепції сталого розвитку, яка передбачає такий розвиток, у якому нинішнє покоління може задовольняти свої потреби без шкоди для можливостей майбутніх поколінь забезпечувати власні потреби, створюючи баланс між поколіннями. Концепція сталого розвитку пропонує таку циклічну схему ресурсоспоживання: первинні ресурси → видобуток → первинна сировина → виробництво → споживання → рециклінг/ вторинні ресурси.

Сучасне споживання та виробництво харчових продуктів є одним із головних джерел забруднення навколишнього середовища та утворення великих обсягів відходів. Тому виробники та споживачі повинні працювати разом, шукаючи інноваційні підходи для зменшення відходів та збереження ресурсів. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), щорічно в світі втрачається або викидається близько 1,3 мільярда тонн їжі [2]. Це становить приблизно третину всієї виробленої продукції харчової промисловості. Утворення харчових відходів є однією з найгостріших екологічних проблем сьогодення, адже воно веде до виснаження ресурсів, забруднення довкілля та зміни клімату.

Концепція Zero-waste – це збереження всіх ресурсів за допомогою відповідального виробництва, споживання, повторного використання та перероблення продуктів, пакування й матеріалів без спалювання і викидів у землю, воду, повітря, тому що це загрожує навколишньому середовищу і здоров'ю людей. У контексті харчових технологій це означає розробку процесів виробництва та споживання продуктів таким чином, щоб сприяти мінімізації витрат матеріалів, води й енергії, безперервному застосуванню до процесів, продуктів і послуг профілактичних екологічних стратегій з метою

підвищення ефективності. Таким чином зростає прибутковість виробництва, а продукція підприємств стає конкурентоспроможною на ринку.

Реалізація концепції Zero-waste полягає у поетапній зміні діяльності харчових підприємств, що включає:

- вторинну переробку відходів та їх утилізацію, переробку з подальшим поверненням сировини у виробничий процес або передачу сировини іншим підприємствам для повторного застосування;
- безперервну оптимізацію технологічних процесів та впровадження нових технологій;
- використання бракованої продукції для доопрацювання з метою виключення фінансових втрат та утворення відходів.

Екологізація виробництва передбачає «озеленення» промислової сфери; покращення умов довкілля та, як наслідок, підвищення якості життя населення; зниження антропогенної дії.

Упровадження концепції Zero-waste є складовою частиною «зеленої» економіки, а у технологіях харчових продуктів вона є важливим чинником створення стійкої та відповідальної системи харчування. Інновації у цій сфері спрямовані на ефективне використання ресурсів, на створення якісно нових продуктів, що відповідають вимогам сучасного ринку, запитам споживача та забезпечують захист довкілля. Концепція Zero-waste у технологіях харчових продуктів стає базовим необхідним принципом для розвитку європейського суспільства в умовах зростаючої екологічної свідомості. Вона сприяє інноваціям, стимулює економіку, формує усвідомленість серед споживачів і допомагає забезпечувати сталий розвиток.

Висновки.

1. Застосування світових практик щодо впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій є одним із дієвих шляхів відновлення економічного потенціалу нашої країни та збереження навколишнього середовища.

2. Застосування концепції Zero-waste у харчових технологіях є не лише ефективним методом зменшення відходів, але й ключовим елементом сталого розвитку та охорони навколишнього середовища.

Посилання

1. Герасименко О. Інформаційна система для мінімізації харчових відходів у межах концепції «Zero waste» / О. Ю. Герасименко, Д. М. Фекете // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. – 2021. – №6. – С. 3-14.
2. Global food losses and food waste – extent, causes and prevention. Rome: FAO, 2011. 37 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>

ВДОСКОНАЛЕНИЙ АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ГАЗОВИХ ЕЖЕКТОРІВ ДЛЯ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ

Доц., канд. техн. наук С.В. Сурков, доц., канд. техн. наук О.Г. Бутенко,
здобувач в.о. М.С. Чернець

Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна

Рівень екологічної безпеки промислових підприємств суттєво залежить від забезпечення чистоти повітря. При цьому особливу увагу треба звернути на локальні джерела інтенсивного забруднення, такі як робочі місця зварювальників. Зварювальний аерозоль містить цілу низку шкідливих речовин, які бажано нейтралізувати безпосередньо біля місця їх утворення.

Ефективним рішенням є використання мобільних фільтрів повітря, які приводяться у дію стисненням повітрям від заводської мережі. Всмоктування забрудненого повітря в них здійснюється за допомогою газових ежекторів.

Газові ежектори широко використовуються у різних галузях техніки [1, 2]. Їх особливість – надзвукова швидкість робочого потоку та змінний режим роботи, обумовлений поступовим забиттям пор фільтруючої речовини, отже зростанням гідравлічного опору фільтру.

Традиційні алгоритми розрахунку таких ежекторів не забезпечують достатню точність і надійність. Сучасні числові методи та комп'ютерна техніка дають змогу вдосконалити алгоритми розрахунку газових ежекторів.

Нами запропоновано вдосконалений алгоритм розрахунку, який поліпшує збіжність результатів і підвищує точність розрахунку.

На рис. 1 представлена розрахункова схема газового ежектора з циліндричною камерою змішування. На рисунку позначені параметри робочого, ежектованого і змішаного потоку, а також основні перерізи, для яких складаються рівняння.

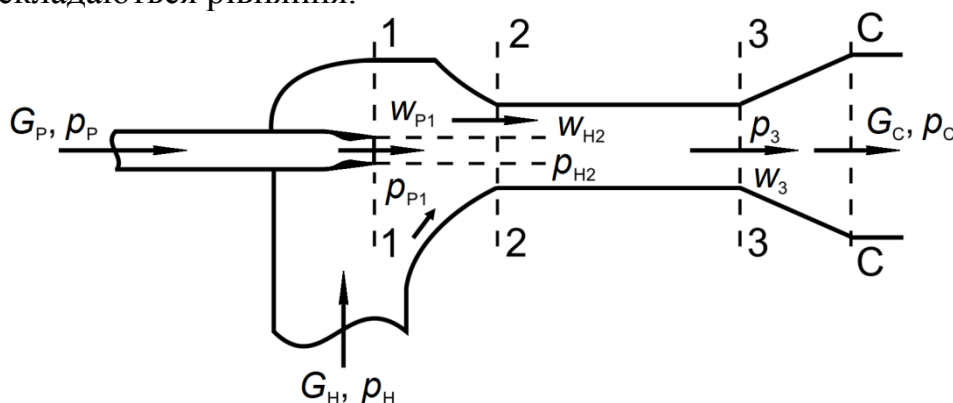


Рисунок 1 – Розрахункова схема газового ежектору

Рівняння, що описують роботу ежектора, наведено у класичній роботі [3]. Вони включають рівняння нерозривності

$$G_p + G_H = G_c$$

та рівняння збереження моменту кількості руху:

$$\varphi_2 (G_p w_{p2} + G_H w_{H2}) - (G_p + G_H) w_3 = (p_3 - p_{p2}) f_{p2} + (p_3 - p_{H2}) f_{H2}, \quad (1)$$

де φ_2 – коефіцієнт швидкості камери змішування;

w_i – швидкості газу у відповідних перерізах, м/с;

p_i – абсолютні тиски газу швидкості газу у відповідних перерізах, Па;

f_i – площі поперечних перерізів, м².

Розрахунок характеристики ежектора полягає в отриманні залежності між ступенем стиснення повітря $\varepsilon = p_c/p_n$ і коефіцієнтом ежекції $u = G_n/G_p$.

У більшості літературних джерел при розрахунку характеристики ежектора задають коефіцієнт ежекції u та обчислюють ступінь стиснення ε [2, 3]. Однак для такого алгоритму розрахунку характерна погана збіжність ітераційного процесу. Через це важко визначити максимальне значення коефіцієнту ежекції, що суттєво знижує точність розрахунків для критичного режиму.

Особливість розрахунків надзвукових газових ежекторів полягає у тому, що в них враховується стисливість газів. При цьому швидкість робочого потоку зазвичай перевищує швидкість звуку. У розрахунках традиційно використовуються газодинамічні функції – приведений тиск

$$p(\lambda) = \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

та приведена масова швидкість

$$q(\lambda) = \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}} \lambda \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2\right)^{\frac{1}{k-1}},$$

де λ – приведена швидкість;

k – показник адіабати.

Вважаємо, що заданий основний геометричний параметр – модуль ежектора

$$M = f_3/f_{p*},$$

де f_3 – площа поперечного перерізу циліндричної камери змішування, м²;

f_{p*} – площа критичного перерізу сопла робочого повітря, м².

В першу чергу виконується розрахунок параметрів робочого потоку, оскільки він не залежить від коефіцієнта ежекції. Витрату робочого повітря задаємо з урахуванням продуктивності компресора.

Обчислюється газодинамічна функція

$$P_{p2} = \frac{p_n}{p_p}.$$

Приведену швидкість λ_{p2} можна визначити аналітично:

$$\lambda_{p2} = \sqrt{\frac{k+1}{k-1} \left[1 - P_{p2}^{\frac{k-1}{k}}\right]}.$$

При цьому необхідно враховувати, що у виході з робочого сопла, зазвичай, швидкість надкритична, тобто $\lambda_{p2} > 1$.

Далі обчислюється приведена масова швидкість q_{p2} .

Площа вихідного перерізу сопла

$$f_{p2} = \frac{f_{p*}}{q_{p2}}.$$

Площа потоку, що ежектуються, в поперечному перерізі 2-2:

$$f_{n2} = f_3 - f_{p2}.$$

Критична швидкість при заданій температурі повітря

$$a_* = \sqrt{\frac{2k}{k+1} RT}.$$

Швидкість робочого потоку на виході із сопла

$$w_{p2} = \varphi_1 a_* \lambda_{p2}.$$

Розрахунок змішаного потоку виконується методом послідовних наближень. На кожному кроці задається значення λ_{c3} в діапазоні від 0 до 1. Умова $\lambda_{c3} \leq 1$ гарантує, що з швидкість змішаного потоку буде дозвуковою.

Для заданого значення λ_{c3} визначаються значення газодинамічних функцій Π_{c3} і q_{c3} .

Тиск на виході з камери змішування

$$p_3 = \Pi_{c3} p_c.$$

Швидкість змішаного потоку у перерізі 3-3

$$w_3 = \frac{a_* \lambda_{c3}}{\varphi_3},$$

де φ_3 – коефіцієнт швидкості дифузора.

Оскільки модуль ежектора заданий, визначаємо площу поперечного перерізу камери змішування

$$f_3 = M f_{p*}.$$

Витрата змішаного потоку

$$G_c = \frac{k \Pi_{c3} p_c q_{c3} f_3}{a_*}.$$

На останньому етапі розраховують параметри потоку, що ежектуються. З рівняння збереження маси визначаємо масову витрату

$$G_n = G_c - G_p.$$

У випадку циліндричної камери змішування

$$f_{n2} = f_3 - f_{p2}.$$

Приведена масова швидкість потоку, що ежектуються, в перерізі 2-2

$$q_{n2} = \frac{G_n a_*}{k_n \Pi_{n*} p_n f_{n2}}.$$

Знаючи q_{n2} , визначити приведену швидкість λ_{n2} аналітичним шляхом неможливо, тому вона визначається числовим методом. Після цього визначається Π_{n2} .

Швидкість потоку, що ежектуються, в перерізі 2-2

$$w_{n2} = \varphi_4 a_* \lambda_{n2}$$

Тоді тиск потоку, що ежектуються, в перерізі 2-2

$$p_{n2} = \Pi_{n2} p_n$$

Усі знайдені величини підставляються у рівняння балансу імпульсів (1) і обчислюється нев'язка, тобто, відмінність сумарного імпульсу від нуля.

Комп'ютерна підпрограма для визначення кореню нелінійного алгебраїчного рівняння автоматично змінює значення $\lambda_{сз}$ в заданому діапазоні доти, поки ця нев'язка не перетвориться на нуль із заданою припустимою похибкою. Таким чином, при заданому тиску p_c визначається таке значення $\lambda_{сз}$, при якому виконуються закони збереження маси та імпульсу. При цьому ітераційний процес швидко призводить до однозначного результату.

Після уточнення $\lambda_{сз}$ можна визначити коефіцієнт ежекції u .

На рис. 2 показано приклад розрахункової залежності між величинами u і ε .

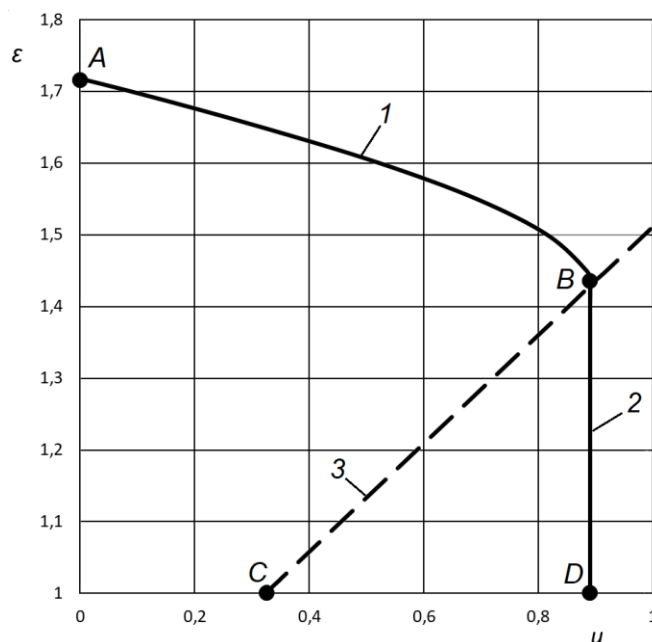


Рисунок 2 – Розрахункова характеристика ежектора (при $M = 8,6$):

1 – адіабатна характеристика; 2 – режим замикання в перетині 3-3;

3 – межа критичного режиму в перетині 3-3.

Розрахунок характеристики ежектора виконується у припущенні, що рух повітря є адіабатним. При цьому характеристика на рис. 2 мала б вигляд ABC . Слід відзначити, що на лінії ABC кожному значенню коефіцієнта ежекції відповідає два значення коефіцієнта стиснення, що приводило до поганої збіжності ітераційного процесу за традиційним алгоритмом.

З експериментів відомо, що при досягненні швидкості звуку перерізі 3-3 виникає так зване замикання потоку. При цьому, незважаючи на зміни тиску, швидкість повітря в критичному перерізі залишається постійною та рівною місцевій швидкості звуку. Цьому явищу відповідає вертикальна ділянка BD на рис. 2, і реальна характеристика ежектору має вигляд ABD .

Для знаходження максимального значення u , яке відповідає відрізьку BD на рис. 2, максимум функції $u(\varepsilon)$ визначається числовим методом.

Крім перерізу 3-3, теоретично можливе замикання потоку в поперечних перерізах 1-1 і 2-2 (рис. 1), але при досліджуваних параметрах ці критичні режими не реалізуються.

На рис.3 показано залежності ступеню стиснення потоку ε як функція від коефіцієнту ежекції u при трьох значеннях модуля ежектору.

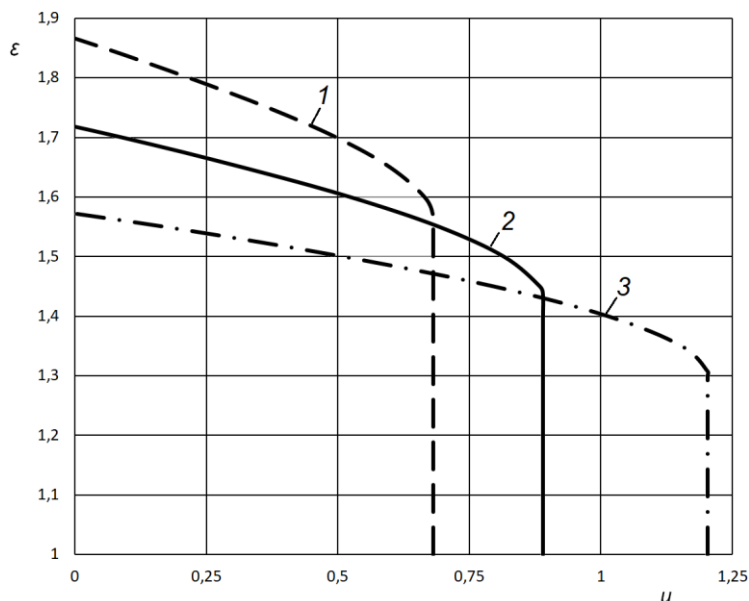


Рисунок 3 – Характеристики ежекторів при різних значеннях модуля:

1 – $M=7,0$; 2 – $M=8,6$; 3 – $M=11,0$.

З графіку видно, що ежектори, які забезпечують високі коефіцієнти ежекції, мають обмежений ступінь стиснення. Мета проектного розрахунку системи очищення повітря – знайти модуль ежектора, який забезпечує оптимальний баланс між цими показниками в конкретному випадку.

Висновки

1. Мобільні фільтри повітря відіграють важливу роль у забезпеченні екологічної безпеки промислових підприємств. Ефективність таких пристроїв визначається правильним розрахунком і дизайном газового ежектора.

2. Традиційні методи розрахунку газових ежекторів, в яких задавали значення u і намагались знайти залежність $\varepsilon(u)$ не забезпечували збіжність результатів, оскільки кожному значенню u відповідають два значення ε .

3. Алгоритм, в якому задається значення ε і розраховується залежність $u(\varepsilon)$, вирішує проблеми із збіжністю і дозволяє підвищити надійність розрахунків.

4. Використання сучасних числових методів, зокрема алгоритмів пошуку кореню нелінійного алгебраїчного рівняння та одновимірної оптимізації, дозволяє автоматизувати розрахунки газових ежекторів та підвищити їх точність.

Посилання

1. Бутенко О.Г., Смик С.Ю. Підвищення коефіцієнта корисної дії центрального ежектора за неоптимальних режимів роботи. Науковий вісник Національного гірничого університету. 2015. № 2. С. 57-61.
2. Kravchenko, V., Vlasov, A., Andryuschenko, A., Vlasov, D., Golovchenko, A., Gavrillov, P. Reduced air injection time during containment testing due to the use of an ejector. *Proceedings of Odessa Polytechnic University*. 2022. Issue 1(65). P. 62-69.
3. Sokolov, E.Ya., Singer, N.M. Jet devices. М.: Energoatomizdat, 1989. – 352 p.

ПРО ЕКОНОМІЧНУ АДАПТАЦІЮ ПІДПРИЄМСТВ ДО УМОВ ІННОВАЦІЙНО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

*Зав. каф., докт. екон. наук, проф. В.М. Тарасевич,
аспірант М.Д. Бурковський*

*Кафедра міжнародної економіки і соціально-гуманітарних дисциплін
Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
Дніпро, Україна*

У сучасній економіці підприємства стикаються зі зростаючою кількістю викликів, спричинених інноваційно-інформаційною невизначеністю. Динамічні зміни у споживацьких перевагах, технологіях, логістиці тощо створюють складні умови для діяльності підприємств. Їх успішний розвиток і функціонування підприємств у таких умовах залежать від здатності швидко адаптуватися до змін і впроваджувати ефективні стратегії управління.

У загальному розумінні економічна адаптація – це важлива складова економічної діяльності економічного актора, спрямована на взаємопов'язані, з одного боку, самозміни у відповідь і у відповідності зі змінами економіки, та, з другого, - зміни в економіці у відповідності зі своїм (актора) внутрішнім станом і можливостями розвитку. Конкретні форми, механізми та інструменти адаптації визначаються багатьма факторами, зокрема факторами невизначеності.

Економічні чинники створюють виклики через раптові зміни валютних курсів, зростання інфляції, коливання попиту, підвищення ставок кредитування тощо. Наприклад, у періоди економічних криз підприємства стикаються з дефіцитом фінансових ресурсів, що впливає на їхню здатність інвестувати у розвиток.

Політичні ризики включають зміни у законодавстві, торгові санкції, обмеження на експорт чи імпорт, військові конфлікти тощо. Це може спричинити збої у постачанні, втрату клієнтів на певних ринках або ускладнення логістики [6].

Технологічні зміни змушують підприємства постійно оновлювати техніку і технологію, щоб відповідати сучасним вимогам. Впровадження нових технологій, таких як автоматизація чи штучний інтелект, є не лише перевагою, а й необхідністю для збереження конкурентоспроможності. Наприклад, підприємства, які відмовляються від цифровізації, ризикують втратити частину ринку через застарілі підходи до обслуговування клієнтів [1].

Соціальні фактори, зокрема демографічні зміни та нові споживчі переваги, змінюють пріоритети підприємств. Зростаюча популярність етичного бізнесу, орієнтованого на сталий розвиток, зумовлює попит на екологічні продукти та послуги, що вимагає від підприємств відповідної адаптації.

В цих умовах перманентної невизначеності саме гнучке планування, в тому числі стратегічне, дозволяє підприємствам оперативно реагувати на

зміни у зовнішньому середовищі. Створення кількох сценаріїв розвитку ситуації допомагає мінімізувати ризики [4]. Наприклад, у логістичних компаніях використовують аналітичні програми для моделювання маршрутів доставки, що дозволяє уникнути затримок у постачанні.

Диверсифікація діяльності підприємств спрямована на зменшення залежності від одного сегмента ринку. Розширення товарного асортименту чи освоєння нових географічних регіонів забезпечують стабільність доходів навіть у періоди криз [5]. Наприклад, українські аграрні компанії, розширюючи ринки збуту в Азії, зменшують ризики, пов'язані з європейськими санкціями чи обмеженнями.

Інноваційно-інформаційний розвиток є важливим чинником підвищення конкурентоспроможності. Впровадження автоматизованих систем управління, як-от ERP-системи, дозволяє зменшити витрати на управління ресурсами [3]. Наприклад, у виробництві за допомогою таких систем підприємства оптимізують закупівлю сировини, знижуючи її надлишкові запаси. Використання цифрових технологій, таких як аналітичні інструменти для прогнозування ринкових змін, допомагає підприємствам краще розуміти потреби клієнтів. Наприклад, роздрібні компанії використовують штучний інтелект для аналізу покупок, що дозволяє персоналізувати пропозиції.

Управління ризиками передбачає постійний моніторинг можливих загроз та планування дій для їх мінімізації. Наприклад, створення фінансових резервів допомагає підприємствам залишатися платоспроможними під час економічних криз. Водночас розробка планів евакуації чи альтернативних логістичних маршрутів стає ключовою у кризових умовах [2].

В умовах невизначеності імперативний розвиток людського капіталу включає навчання персоналу та створення умов для професійного зростання. Наприклад, IT-компанії організовують внутрішні тренінги з освоєння нових технологій, що підвищує продуктивність працівників і зменшує витрати на пошук кадрів.

З огляду на зазначене, економічній адаптації підприємств до інноваційно-інформаційної невизначеності можуть сприяти:

1. Створення підрозділу з управління ризиками, інтеграція програмного забезпечення на базі штучного інтелекту. Наприклад, логістичні компанії можуть впроваджувати системи моніторингу ризиків постачання для прогнозування затримок.

2. Диверсифікація постачальників, що дозволить зменшити залежність від одного партнера. Так, металургійні підприємства можуть закуповувати руду в кількох регіонах, щоб уникнути ризиків перебоїв у постачанні.

3. Впровадження програм лояльності для клієнтів з використанням мобільних додатків. Наприклад, продуктові мережі можуть пропонувати знижки на основі історії покупок клієнта, що підвищить його лояльність.

4. Інвестиції у навчання працівників, організація курсів з цифрових технологій. Наприклад, на таких курсах можуть навчатися оператори, що працюють з автоматизованими системами управління лініями.

Таким чином, управління підприємством в умовах інноваційно-інформаційної невизначеності вимагає системного та адаптивного підходу. Гнучке планування дозволяє реагувати на зміни та створювати сценарії для різних ситуацій, що мінімізує ризики. Диверсифікація діяльності забезпечує стійкість, знижуючи залежність від окремих ринків чи постачальників. Інноваційні рішення сприяють підвищенню ефективності й конкурентоспроможності. Управління ризиками через моніторинг і планування дій допомагає уникати кризових ситуацій. Розвиток людського капіталу забезпечує високий рівень продуктивності та стабільність колективу. Інтеграція сучасних цифрових технологій дає змогу оптимізувати управління ресурсами, підвищувати якість обслуговування клієнтів і відкривати нові можливості для розвитку. Перманентна адаптація дозволяє підприємствам не лише залишатися стійкими, але й досягати успіху в умовах невизначеності.

Посилання

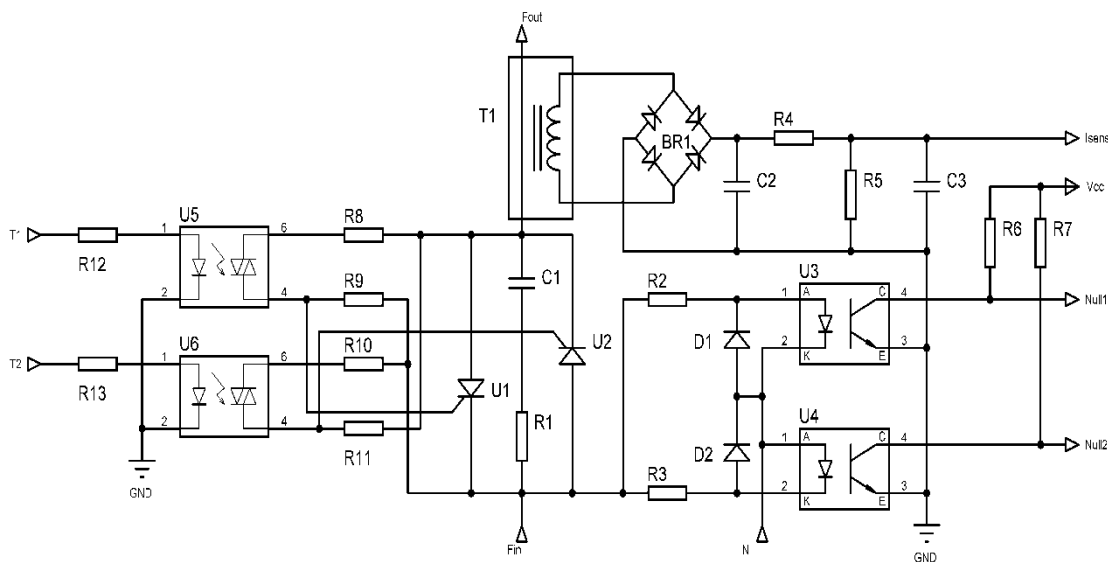
1. Алієва Г.А., Білан Ю.І. Управління ризиками підприємства в умовах невизначеності. *Фінанси України*. 2022. № 8. С. 45–56.
2. Верба В.А. Стратегічний менеджмент. Київ: КНЕУ, 2019. 456 с.
3. Литвиненко А.І. Цифрові стратегії управління підприємством. *Економіка та управління*. 2021. № 4. С. 23–36.
4. Drucker P. *Managing in Turbulent Times*. New York: HarperCollins, 2003. 256 p.
5. Kotler P., Keller K. *Marketing Management*. Boston: Pearson Education, 2016. 832 p.
6. Khmil F.I. *Management Fundamentals*. Kyiv: Higher School, 2020. 512 p.

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ

*Доц., канд. техн. наук С.Є. Тимченко, доц., канд. техн. наук Д.В. Клименко
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна*

З урахуванням подорожчання електроенергії, що відбувається, актуально й затребуване практикою зменшення її непродуктивних втрат. Тому оптимізація роботи асинхронного двигуна в автоматизованих електроприводах знаходить широке застосування останніми роками у всіх галузях господарства. Максимум ККД електродвигуна досягається у режимах, близьких до роботи на номінальне навантаження; зі зменшенням

Для реалізації плавного запуску та оптимізації споживаної потужності трифазного асинхронного двигуна було розроблено пристрій, основними завданнями якого є фазоімпульсне управління, для регулювання діючого значення напруги за кожною фазою і контроль струму. Пристрій складається з трьох однакових силових модулів для кожної фази та цифрового керування. Схема силового модуля однієї фази наведена на рисунку 1.



Для спрощення завдання програмування та позбавлення дорогого контролера з достатньою кількістю входів переривань, було прийнято рішення використовувати три простих контролера, кожен з яких керує своєю фазою незалежно. Кожен з контролерів обробляє переривання переходу через

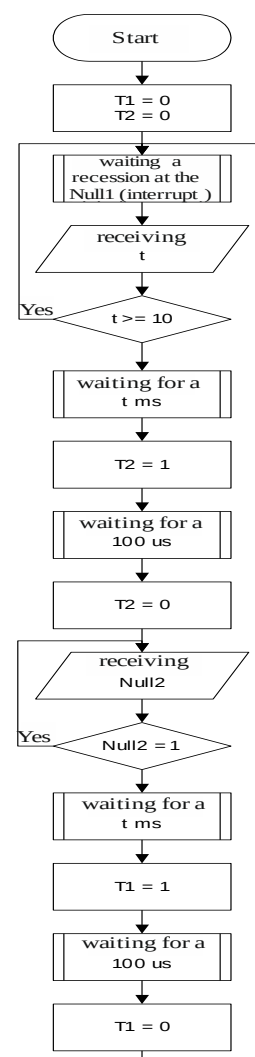
нуль своєї фази, отримує час затримки t із загальної шини та в потрібний момент часу відкриває відповідний тиристор.

Алгоритм роботи кожного з трьох контролерів наведений на рисунку 2.

Алгоритм працює в нескінченному циклі і переривається лише при відключенні пристрою. Усі контролери тактуються від одного загального тактового генератора [3]. Таким чином, змінюючи значення на шині t , Керуючий контролер управляє одночасно всіма трьома виконавчими, тобто задає кут відкриття тиристорів одночасно і незалежно на всіх трьох фазах. Для реалізації проекту було обрано виконавчі мікропроцесори ATtiny24 для контролю кожної фази двигуна та керуючий мікропроцесор ATmega8. Як і переважна більшість сучасних 8-розрядних мікроконтролерів, AVR є типовим представником архітектури Гарвардського типу [4]. Пам'ять програми та пам'ять даних у ньому відокремлені один від одного і знаходяться в різних адресних просторах. ЦПП має дві незалежні шини: 16-розрядну для звернення до ПЗП і 8-розрядну для взаємодії з ОЗП. Довжина слова команди у AVR є кратною 16-ти бітам і може складати 2 або 4 байти.

AVR має систему команд RISC (Reduced Instruct Set Computers - комп'ютери із скороченим набором команд). Машинний цикл ядра AVR – один період тактової частоти системного генератора [5]. Шина передачі часу затримки виконавчому контролеру від управляючого 4-бітна, тобто забезпечує передачу значень від 0 до 15. У реальній ситуації при частоті мережі 50 Гц, тривалість одного напівперіоду дорівнює 10 мс. Таким чином, передаючи значення t в мілісекундах, можна здійснювати управління з дискретністю в 1 мс або 10%. При $t=0$ тиристори відкриваються відразу після переходу синусоїди через нуль, тобто повністю відкриті. При $t \geq 10$ тиристори залишаються завжди закритими [6]. Такої схеми управління достатньо як для плавного запуску, так і для аналізу, споживаного двигуном струму для оптимізації споживаної потужності.

Зворотний зв'язок може здійснюватися як за споживаним струмом, так і безпосередньо за частотою обертання валу двигуна, однак, оскільки пристрій розробляється для двигунів, що працюють з постійним навантаженням, аналізувати частоту обертання валу немає необхідності, так як зниження частоти обертання валу при незмінній частоті напруги (початок гальмування двигуна) призводить до зростання споживаного струму.



**Рисунок 2 –
Алгоритм роботи
виконавчого
контролера**

Алгоритм роботи пристрою, створеного за наведеною вище методикою, умовно можна розділити на три частини - плавний запуск, підбір оптимальної напруги, що діє, і регулярна перевірка на втрату однієї з фаз. Якщо втрата фази відбулася в той час, коли ротор двигуна обертався, то на його валу утворюється момент, що обертає, однак, менше номінального. У цьому випадку може відбутися гальмування двигуна, і через обмотки протікатиме струм вище номінального. Для запобігання такому аварійному режиму роботи двигуна, в програму закладена регулярна перевірка струму у всіх фазах. У випадку, якщо в одній фазі струм дорівнює нулю, відбувається негайне відключення двигуна. Плавний запуск полягає в поступовому збільшенні напруги фаз, що діє, починаючи з заданого початкового значення U_0 до повної номінальної напруги. Початкова напруга U_0 вибирається залежно від навантаження на валу двигуна. Алгоритм плавного запуску, застосований у пристрої, змінює напругу дискретно, тобто ступінчасто. Передбачена можливість задати початкову напругу U_0 і масив параметрів - часу переходу між кожними двома ступенями. Схема алгоритму плавного запуску, реалізованого у пристрої, наведена на рисунку 3.

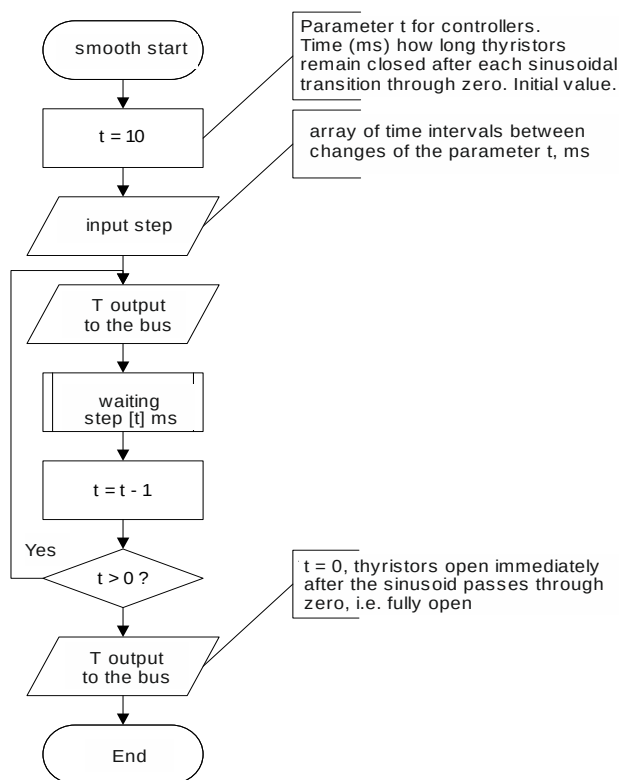


Рисунок 3 – Схема алгоритму плавного запуску

У запропонованому алгоритмі плавного запуску, кінцевим значенням $U_{діюч}$ є номінальна напруга, тобто після запуску тиристори залишаються повністю відкритими. Після запуску необхідно почекати деякий час, щоб двигун вийшов на свій номінальний режим роботи. Цей час залежить від кількох факторів: потужність двигуна, ступінь його зносу, навантаження на валу та інше.

Запропонований алгоритм оптимізації споживаної потужності зводиться до знаходження мінімуму струму, що споживається двигуном. Для цього діюча напруга поступово зменшується (на один ступінь за кожний крок циклу) і замірюється споживаний струм. При зменшенні напруги зменшується і крутний момент на валу двигуна. При нестачі крутного моменту, почнеться гальмування двигуна, тобто знизиться частота обертання валу. Це, своєю чергою, викличе підвищення споживаного струму. Таким чином, зменшуючи діючу напругу і заміряючи струм, знаходиться стан, коли струм, що споживається на наступному кроці, більше, ніж на попередньому, тобто почалося гальмування. Відповідно, оптимальним режимом при даному навантаженні є попередній ступінь, до якого і необхідно повернутися після початку підвищення споживаного струму. Схематично алгоритм оптимізації енергоспоживання двигуна зображений на рисунку 4. Програмування пристрою здійснювалося в середовищі [Code Vision AVR C Compiler](#).

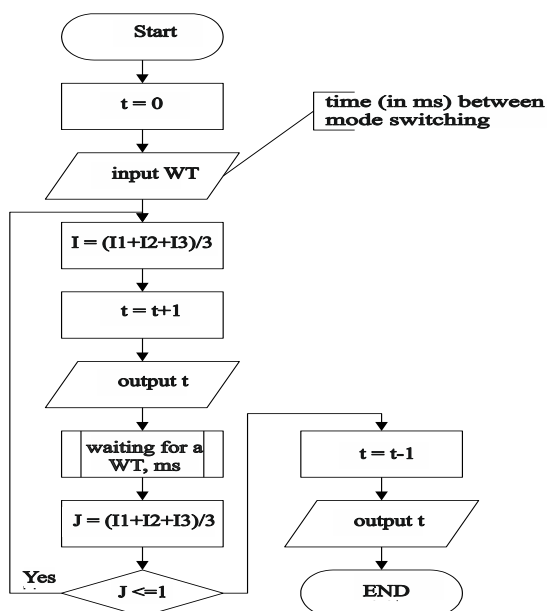


Рисунок 4 – Алгоритм оптимізації енергоспоживання двигуна

Для перевірки роботи розробленого пристрою управління асинхронним двигуном та правильності програми управління цим пристроєм у лабораторії електричних машин кафедри електротехніки НТУ «Дніпровська політехніка» було проведено експериментальні дослідження. Дослідження проведено на трифазному асинхронному двигуні з короткозамкненим ротором потужністю 4.5 кВт.

Зібрана установка складалася з трифазного джерела змінного струму з лінійною напругою 220 В, цифрового трифазного амперметра для виміру уточнених значень струму, трьох стрілочних амперметрів для спостереження за імпульсними змінами споживаного струму, захисного автомата 50 А і, безпосередньо, створеного пристрою та трифазного асинхронного двигуна. Додатково для вимірювання напруги і форм сигналів використовувався

цифровий мультиметр і осцилограф-приставка, що підключається до комп'ютера (ноутбука). Також двигун був підключений через механічний контактор, що дозволяє перемикає його режими роботи (включення обмоток «трикутник» або «зірка»). При перевірці роботи плавного запуску в першу чергу були зняті основні характеристики двигуна при роботі без розробленого пристрою і з ним. Виміри були здійснені при навантаженні на валу двигуна трохи більше 10% від номінальної. Таким чином, використання розробленого пристрою зменшує пусковий струм приблизно в 5 разів при включенні двигуна за схемою «трикутник» і приблизно в 2,5 рази – при включенні за схемою «зірка».

Висновки

1. Результати експериментів показали, що розроблений пристрій (у частині управління двигуном) шляхом зниження чинного значення напруги на всіх трьох фазах за допомогою СІФУ зі збереженням номінальної швидкості обертання реально працює. Спостереження показали, що зниження напруги відбувається, поки двигун не починає гальмуватися, після чого напруга збільшується до значень, відповідних колишньому числу оборотів. Весь час регулювання не перевищує 1 хвилини.

2. Струм при включенні двигуна через розроблений пристрій (при навантаженні на валу порядку 10% від номінальної) зменшується на 15% порівняно з роботою двигуна безпосередньо. При навантаженні на валу близько 30% від номінальної споживаний струм стає менше приблизно на 10%. За навантаженні на валу близько 80 % від номінального значення економія споживаного струму становить близько 3 %. Отже, зі зростанням навантаження на валу двигуна економія, яку пропонує розроблений пристрій, зменшується, при номінальному завантаженні двигуна, сходячи нанівець.

3. Максимальна економія споживаного струму (близько 15%) очікується в режимі холостого ходу. Пристрій доцільно використовувати у режимах, які передбачають неповне завантаження двигуна.

Посилання

1. Півняк Г.Г. Сучасні частотно-регульовані асинхронні електроприводи із широтно-імпульсною модуляцією: моногр. / Г.Г. Півняк, А.В. Волков. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2006. – 470 с.
2. Branko Blanusa New Trends in Efficiency Optimization of Induction Motor Drives, New Trends in Technologies: Devices, Computer, Communication and Industrial Systems: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [info:doi/10.5772/10427](https://doi.org/10.5772/10427)
3. Bazzi A.M. A survey of real - time power - loss minimizers for induction motors / A.M. Bazzi, P.T. Krein. – Electric Ship Technologies Symposium ESTS, 2009. – PP. 98 – 106. doi:10.1109/ESTS.2009.4906500
4. Rasmussen K.S. Model based energy optimizer for vector controlled induction motor drives / K.S. Rasmussen, P. Thøgersen. – in Proc. EPE'97, Trondheim, Norway, Sept. 1997, pp. 3.711– 3.716. doi:10.1109/ 28.8495050

5. Raj C.T. Energy efficient control of three-phase induction motor - a review / C.T. Raj, S.P. Srivastava, P. Agarwal // International Journal of Computer and Electrical Engineering: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ijcee.org/papers/010.pdf>
6. Blanusa B. New Trends in Efficiency Optimization of Induction Motor Drives / B. Blanusa. – New Trends in Technologies: Devices, Computer, Communication and Industrial Systems. Rijeka: Sciyo, 2010.

ЕВТЕКТИКО-ПЕРИТЕКТИЧНИЙ ХАРАКТЕР СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ СПЛАВІВ МІДНОГО КУТА СИСТЕМИ Cu-Sn-Al

*Проф., докт. техн. наук К.І. Узлов¹, проф., докт. техн. наук С.І. Рен'ях¹,
доц., канд. техн. наук Т.В. Кімстач^{1,2}, ст. викладач Т.П Карпова¹*

*¹Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
ННІ Дніпровський металургійний інститут (ДМетІ)*

м. Дніпро, Україна

*²Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України
м. Дніпро, Україна*

Вступ. Сплави на основі міді знайшли широке застосування в різних галузях промисловості завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям, таким як висока електрична і теплопровідність, корозійна стійкість, зносостійкість і механічна міцність. Вони використовуються в електротехнічній, енергетичній, машинобудівній, авіаційній та автомобільній промисловості для виготовлення кабелів, проводів, теплообмінників, конструктивних елементів, а також у виробництві побутової техніки. Мідні сплави, зокрема бронза, широко застосовуються в конструкціях, де необхідно зменшити знос і підвищити ефективність роботи механізмів, таких як підшипники, втулки, шестерні, а також інші деталі, що піддаються значним механічним навантаженням та тертю. Проте, з постійним ускладненням умов роботи техніки та підвищенням вимог до довговічності та надійності матеріалів, виникає необхідність у вдосконаленні властивостей бронзових сплавів. Це стимулює науковців і виробників до активного пошуку нових підходів, таких як оптимізація складу сплавів, використання сучасних методів легування та удосконалення технологій обробки, щоб відповідати зростаючим потребам і забезпечувати високу ефективність і стабільність роботи деталей і механізмів в умовах підвищених навантажень.

Стан питання. В області виробництва підшипників тертя найбільшого поширення знайшли свинцеві бронзи, як матеріал з найкращим рівнем антифрикційних властивостей. Однак, наразі Європейським Союзом нормативом RoHS з 2006 року заборонено використання свинцю, оскільки свинець визнано екологічно небезпечним матеріалом. Відома ефективність

заміни свинцю оловом в елементах підшипників, оскільки мікровключення олова забезпечують сплавам монотектичних систем необхідний рівень триботехнічних властивостей.

Разом з цим, постійний розвиток техніки потребує від антифрикційних бронз ще і підвищення їх корозійної стійкості, як фактору, що дозволить значно розширити сферу їх застосування, підвищити довговічність та надійність виробів з них.

Певний рівень корозійної стійкості безолов'яних бронз забезпечують за рахунок легування алюмінієм не розглядаючи їх як антифрикційні матеріали.

Тому, перспективним напрямом отримання безсвинцевої антифрикційної корозійностійкої бронзи є легування такої бронзи оловом та алюмінієм одночасно.

На даний час більшість досліджень з цього питання спрямовані на встановлення закономірностей структуроутворення сплавів системи Cu-Sn-Al з концентраціями, що відповідають монотектичній ділянці діаграми [1-5]. Це пов'язано з тим, що ці сплави представляють промисловий інтерес як триботехнічний матеріал. Але, дані різних авторів стосовно діаграм фазових рівноваг системи Cu-Sn-Al є суперечливими.

Тому, пошук ефективних важелів цілеспрямованого управління структуроутворенням і, як наслідок, властивостями ливарних бронз системи Cu-Sn-Al триботехнічного призначення з економічно-доцільною кількістю олова є актуальним.

Матеріали і методика досліджень. Матеріалом досліджень були експериментальні бронзи різних хімічних складів лабораторного способу виготовлення. Для виготовлення досліджуваних зразків використовували одноразові ливарні піщано-рідкоскляні форми (ПРФ).

Мікроструктуру вивчали за допомогою оптичного мікроскопа NEOPHOT 21 зі збільшенням від 100 до 1000 крат на шліфах, вирізаних із виливків, які були отримані у формі ПРФ. Шліфи готували стандартними методами відповідно до вимог ASTM E3 - 11(2017) «Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens» з використанням послідовної механічної [6] та електролітичної поліровок [7]. У процесі останньої відбувалося одночасно і електролітичне травлення.

Мікроструктурні растрові зображення зразків та хімічний склад фазових складових досліджуваних бронз вивчали за результатами проведення рентгеноспектрального мікроскопічного (РСМА) та енергодисперсійного спектрального (ЕДС) аналізів. Дослідження проводили на растровому електронному мікроскопі – мікроаналізаторі Superprobe-733 (JEOL, Japan).

Рентгеноструктурні дослідження виконані за допомогою дифрактометра ДРОН-3М у Co-K_α випромінюванні з автоматичною реєстрацією сигналів кутових відбиттів.

Структурні та фазові перетворення вивчали з використанням методу диференційного термогравіметричного аналізу (ДТГА) на синхронному термічному аналізаторі STA 449 C Jupiter (NETZSCH, Німеччина)

Результати досліджень. Аналіз фазових і структурних перетворень сплавів мідно-олов'яно-алюмінієвої системи Cu–Sn–Al з вмістом Sn до 7 % (мас.) і Al до 11 % (мас.) показав, що характер їх структуроутворення має евтектико-перитектичний характер [8]. Це наочно продемонстровано на рис. 1, де представлені мідні кути діаграм Cu–Al і Cu–Sn, а також наведені ключові мікроструктури сплавів.

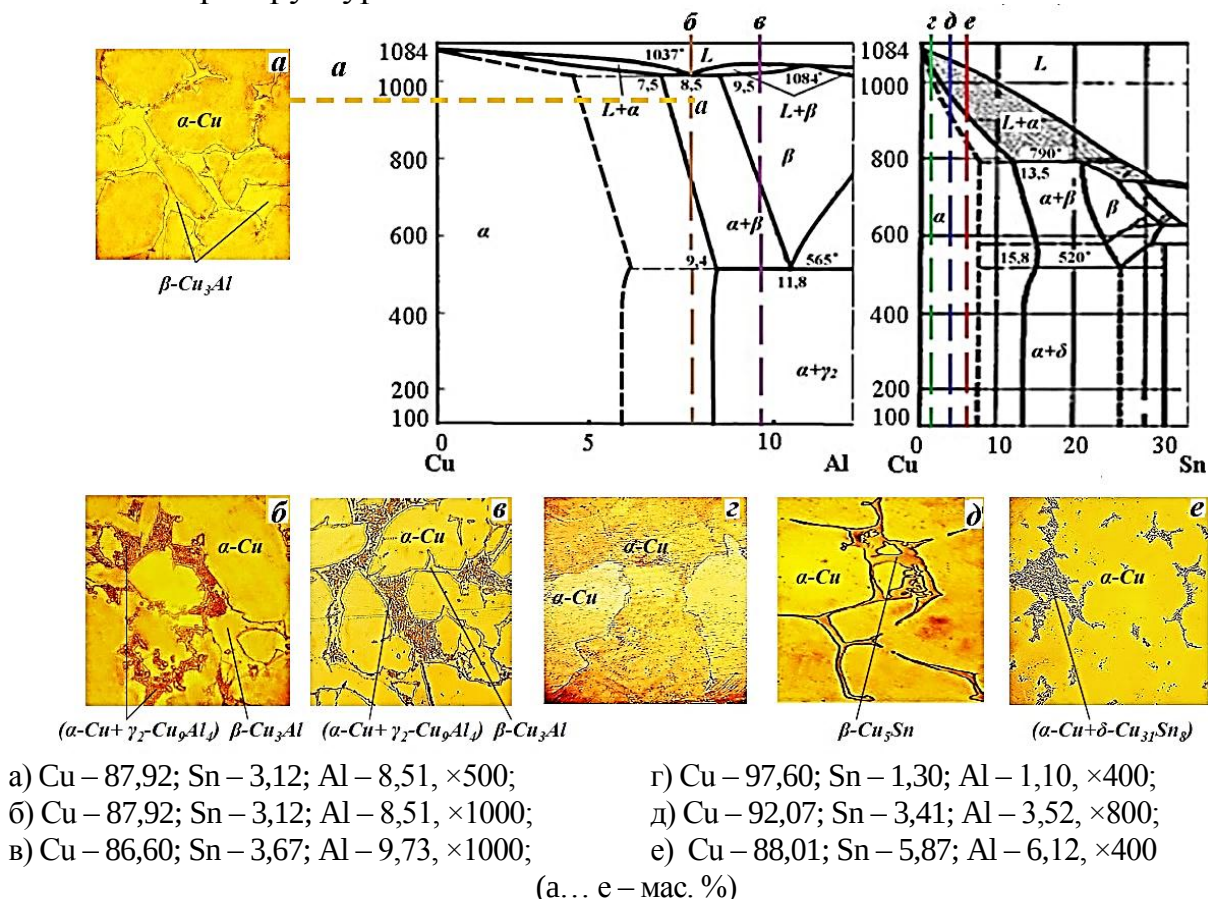
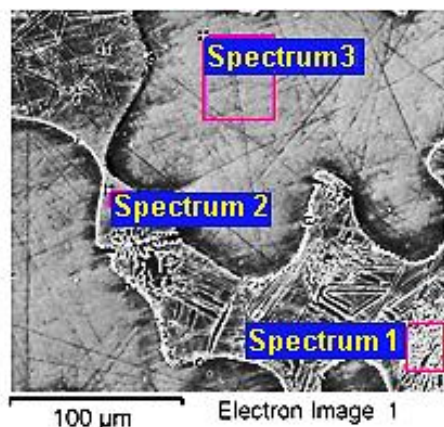


Рисунок 1 – Евтектико-перитектичний характер структуроутворення сплавів мідного кута системи Cu–Sn–Al з вмістом Sn до 7 % (мас.) та Al до 11 % (мас.)

За результатами мікроструктурного оптичного та растрового електронно-мікроскопічного досліджень (рис. 2, 3) встановлено, що кристалізація сплавів трикомпонентної системи Cu–Sn–Al з вмістом понад 7 % (мас.) Al відбувається за діаграмою Cu–Al із первинною кристалізацією β (Cu₃Al) фази та подальшим її частковим перетворенням з формуванням α-Cu твердого розчину. Евтектична фаза β-Cu₃Al, залежно від швидкості охолодження, може залишатися в початковому стані як продукт евтектичної кристалізації (рис. 1, а), або, при переході через евтектоїдну горизонталь, повністю чи частково перетворюватися на фазові складові евтектоїду α-Cu+γ₂-Cu₉Al₄. Кінцевий структурний стан сплаву складається з α - Cu твердого розчину, β-Cu₃Al фази, та евтектоїдної складової – α-Cu + γ₂-Cu₉Al₄ (рис. 1, б, в). При зменшенні концентрації Al в сплаві в області евтектоїдної горизонталі збільшується кількість α-фази.

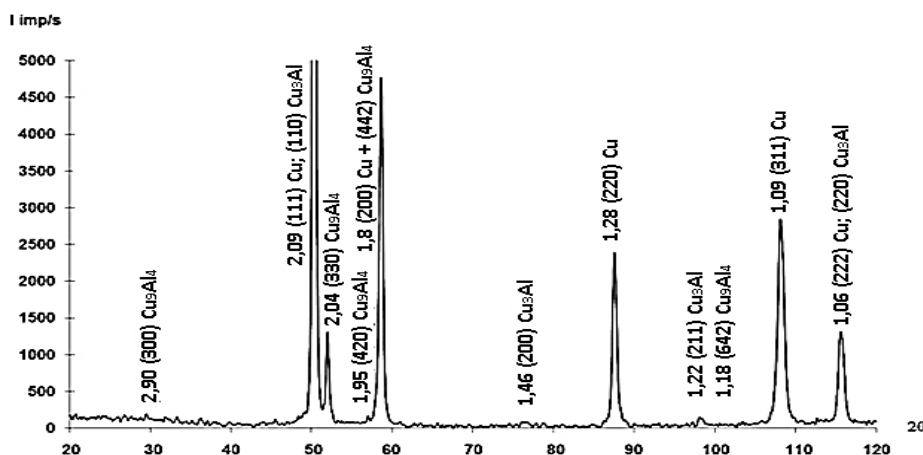


Спектр	Вміст елементів, %, ат		
	Al	Cu	Sn
Spectrum 1	21,73	75,91	2,35
Spectrum 2	24,08	73,73	2,19
Spectrum 3	10,03	87,51	2,46

а

б

Рисунок 2 – Електронно-мікроскопічне зображення (а), результати ЕДС аналізу (б) сплаву з (мас. %): Cu – 86,60; Sn – 3,67; Al – 9,73



**Рисунок 3 – Дифрактограма сплаву з вмістом компонентів (мас. %):
Cu – 86,60; Sn – 3,67; Al – 9,73**

Результати рентгеноструктурного аналізу (рис. 3) підтверджують, що структуроутворення сплавів аналізованого інтервалу концентрацій відбувається за закономірностями фазових перетворень системи Cu-Al.

Перехід в область з концентрацією Al менше 7,4 % (мас.) принципово змінює характер структуроутворення сплавів системи Cu-Sn-Al. За первинною кристалізацією сплави цього інтервалу є алюмінієвими бронзами, а за сукупністю подальших фазових перетворень – олов'яними. В інтервалі ліквідус-солідус формуються первинні дендрити α -Cu.

При подальшому охолодженні фазові переходи відбуваються відповідно до закономірностей евтектико-перитектичних перетворень системи Cu-Sn-Al. У процесі формування первинних дендритів α -Cu¹ рідина, яка витісняється їхніми гілками, значно насичується легкоплавким оловом. За температури 798 °C залишкова рідина, яка насичена оловом, кристалізується внаслідок перитектичної реакції системи Cu-Sn: Рідина + α -Cu $\rightarrow$ β -Cu₅Sn зі стабілізацією фази β -Cu₅Sn у твердому стані та/або подальшими твердофазними її перетвореннями при охолодженні.

Оптичне та растрове електронно-мікроскопічне зображення мікроструктури сплаву із вмістом елементів (мас. %): Cu – 92,47 ; Sn – 3,75; Al – 3,78 наведені на рис. 4, а та 4, б, відповідно.

За результатами енергодисперсійного спектрального (ЕДС) аналізу (рис. 4 б, в) встановлено, що стехіометрична формула фази, яка сформувалася у міждендритних позиціях між α -кристалами – Cu_5Sn , тобто, вона є перитектичною β -фазою системи Cu-Sn.

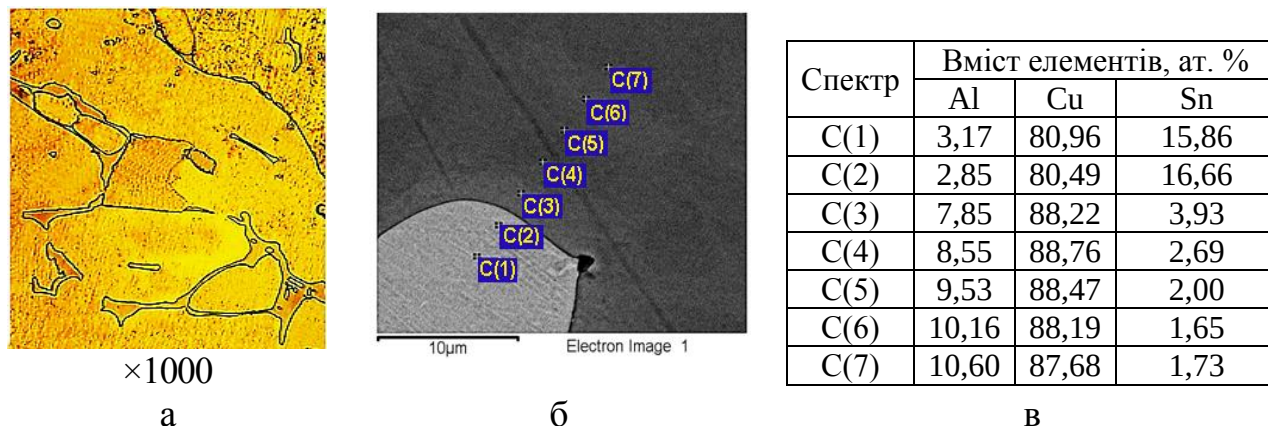


Рисунок 4 – Мікроструктура (а), позиції РСМА сканування з кроком 3 мкм міжфазної границі матриця $\leftrightarrow$ хімічна сполука (б) та результати ЕДС аналізу (в) зразку:

Cu – 92,46 мас. %; Sn – 3,75; Al – 3,78 мас. %

Відповідно до даних диференційного термогравіметричного аналізу встановлено, що після проходження інтервалу температур ліквідус-солідус в сплаві відбувається значиме фазове перетворення про яке свідчать екстремуми на кривих, температури яких відповідають температурі перитектичної рівноваги в системі Cu-Sn (рис. 5). Підтвердженням двофазного складу сплаву також є результати рентгеноструктурного аналізу (рис. 6).

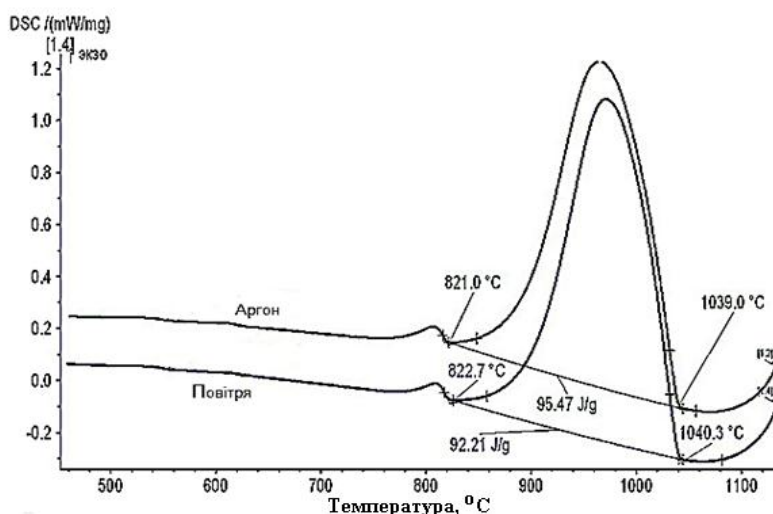


Рисунок 5 – Результати диференційного термогравіметричного аналізу сплаву з вмістом компонентів (мас. %): Cu – 92,47; Sn – 3,75; Al – 3,78

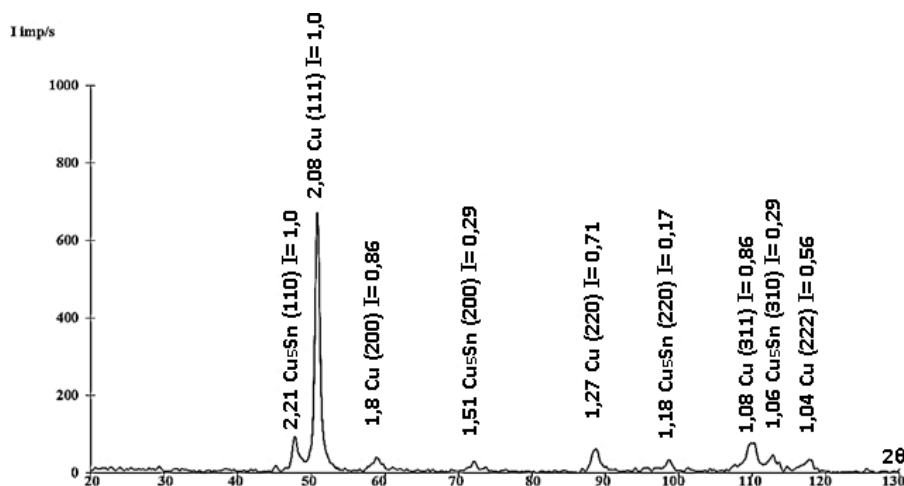


Рисунок 6 – Дифрактограма сплаву з вмістом компонентів (мас. %): Cu – 92,47; Sn – 3,75; Al – 3,78

За результатами досліджень встановлено, що в доєвтектичній концентраційній області системи Cu-Al (до 7% (мас.) Al) в залежності від вмісту олова, структурний і фазовий склад сплавів неоднаковий (див. рис. 1, г, д, е).

Мікроструктура сплавів з масовим вмістом олова до 3 % (мас.) є однофазною – α -Cu твердий розчин (див. рис. 1, г). При підвищенні вмісту олова (до 4 % (мас.)) формується двофазна структура, яка складається з α -Cu і β -Cu₅Sn фаз (див. рис. 1, д). Подальше підвищення концентрації олова призводить до розпаду β -Cu₅Sn по евтектоїдній реакції з формуванням евтектоїдної складової α -Cu + δ (Cu₃₁Sn₈) (див. рис. 1, е).

Одержані результати дозволяють аргументовано та цілеспрямовано пропонувати раціональний склад корозійно-стійкої бронзи триботехнічного призначення БрОЗА3, яка за хімічним складом відповідає концентраційному інтервалу мідного куту системи Cu-Sn-Al [9].

Висновки.

1. За результатами досліджень встановлено евтектичний характер структуроутворення сплавів мідного кута системи Cu-Sn-Al з вмістом понад 7% (мас) Al в концентраційних межах евтектичної горизонталі системи Cu-Al з первинною кристалізацією α -Cu^I фази, далі фази β -Cu₃Al за евтектичною реакцією цієї системи та подальшими її твердофазними перетвореннями.

2. Результати представлених досліджень свідчать то те, що у випадку затвердіння сплавів з вмістом алюмінію до інтервалу евтектичної горизонталі (до 7,4 % (мас) Al) системи Cu-Al фазові переходи відбуваються відповідно до закономірностей евтектико-перитектичних перетворень системи Cu-Sn-Al.

3. Встановлено, що в доєвтектичній концентраційній області системи Cu-Al в залежності від вмісту олова, структурний і фазовий склад сплавів неоднаковий:

- сплави з вмістом Sn до 3 % (мас.) зберігають однофазну структуру α -Cu твердого розчину
- із вмістом Sn 3...4 % (мас.) набувають двофазної α -Cu + Cu₅Sn структури,
- при вмісті Sn понад 4 % (мас.) фазові перетворення супроводжуються виникненням в структурі продуктів евтектоїдного розпаду β -Cu₅Sn $\rightarrow$ α -Cu + δ -Cu₃₁Sn₈.

4. Одержані результати дозволили аргументовано та цілеспрямовано запропонувати раціональний склад корозійно-стійкої бронзи триботехнічного призначення БрОЗАЗ, яка за хімічним складом відповідає концентраційному інтервалу мідного куту системи Cu-Sn-Al.

Посилання

1. Mirkovic D., Gröbner J., Schmid-Fetzer R Liquid demixing and microstructure formation in ternary Al-Sn-Cu alloys. *Materials Science and Engineering*. 2008. A 487. P. 456–467. URL : https://www.researchgate.net/publication/257335091_Liquid_demixing_and_microstructure_formation_in_ternary_Al-Sn-Cu_alloys
2. Kotadia H.R., Panneerselvam A., Mokhtari O., Green M.A., Mannan S. H. Massive spalling of Cu-Zn and Cu-Al intermetallic compounds at the interface between solders and Cu substrate during liquid state reaction. *Journal of Applied Physics*. 2012. 111,074902. URL : <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.3699359>
3. Chang Y. A., Neumann J. P., Mikula A., Goldberg D. The Al–Cu–Sn (Aluminum-Copper-Tin) system. *Bulletin of Alloy Phase Diagrams*. 1980. Vol. 1. P. 82–84. URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02883303>
4. Yan N., Hong Z.Y., Geng D.L., Wang W.L., Wei B. Phase separation and structure evolution of ternary Al–Cu–Sn immiscible alloy under ultrasonic levitation condition. *Journal of Alloys and Compounds*. 2012. Vol. 544. P. 6–12. URL : <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2012.07.147>Get rights and content.
5. Watanabe H., Kono N., Sengoku T., Ishizaka M. Phase Diagram in the Copper-Rich Region of the Ternary Copper-Aluminum-Tin System. *Shindo Gijutsu Kenkyukai-Shi*, 1975. № 14, P. 170–176.
6. ASTM E3 - 11(2017) Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens.
7. Попилов Л. Я., Зайцева Л. П. Электрополирование и электро травление металлографических шлифов. Москва : Металлургиздат, 1963. 410 с.
8. Кімстач Т., Узлов К., Реп'ях С. Аналіз структуроутворення сплавів мідного куту системи Cu–Sn–Al. Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Стародубовські читання – 2023», ПДАБА. 2023. С.39-41.
9. Спосіб виготовлення литих виробів з бронзи / Кімстач Т. В., Узлов К. І., Реп'ях С. І., Мовчан О. В., Подольський Р. В.: патент UA 151379, Україна. № u202200023; заявл. 04.01.2022; опубл. 13.07.2022. Бюл. №28. 3 с.

ТОНКОМЕЛЕНІ МІНЕРАЛЬНІ ДОБАВКИ

Аспірант П.В. Шимченко

*Одеська державна академія будівництва та архітектури
м. Одеса, Україна*

Тонкомелені мінеральні добавки є невід'ємною складовою сучасних будівельних матеріалів, зокрема цементу та бетону. Їх застосування дозволяє не лише покращити фізико-механічні властивості кінцевих продуктів, але й сприяє економії ресурсів та зниженню екологічного навантаження[1-6].

У сучасному будівництві постійно зростають вимоги до якості та довговічності будівельних матеріалів. Одним із ефективних способів підвищення експлуатаційних характеристик цементу та бетону є використання тонкомелених мінеральних добавок. Ці добавки дозволяють регулювати властивості матеріалів, покращувати їхню міцність, знижувати водопоглинання та підвищувати стійкість до агресивних середовищ. Крім того, застосування таких добавок сприяє зменшенню витрат на виробництво та підвищенню екологічної безпеки будівельних процесів.

У роботі представлені результати досліджень використання золи-виносу як ефективної пуцоланової добавки для цементних композицій. Ці дослідження сприяють розширенню наукових знань про властивості тонкомелених мінеральних добавок, їх вплив на характеристики будівельних матеріалів та екологічну безпеку будівельної галузі.

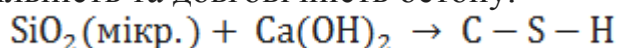
Мінеральні добавки поділяються на природні та штучні. До природних добавок належать матеріали, які мають пуцоланові властивості, такі як трепел, діатоміт, опока та вулканічний попіл. Ці матеріали характеризуються високим вмістом активного кремнезему, що дозволяє їм взаємодіяти з гідроксидом кальцію, утворюючи додаткові гідрати кальцію. Це сприяє покращенню структури та підвищенню міцності цементного каменю. Штучні добавки є продуктами промислових відходів або спеціально синтезованими матеріалами. До них належать зола-виносу, доменний гранульований шлак, мікрокремнезем та інші. Зола-виносу, наприклад, є побічним продуктом спалювання вугілля на теплоелектростанціях і містить значну кількість активного кремнезему та алюмінію. Доменний гранульований шлак утворюється при виробництві чавуну і характеризується гідралічними властивостями, що дозволяє йому взаємодіяти з водою та утворювати гідрати кальцію. Мікрокремнезем, отриманий як побічний продукт виробництва феросплавів, має дуже високу дисперсність і активність, що робить його ефективною добавкою для покращення властивостей бетону.

Тонкомелені мінеральні добавки впливають на різні технологічні властивості цементу та бетону. Деякі мінеральні добавки, такі як доменний гранульований шлак, мають гідралічні властивості, тобто здатність самостійно тверднути при взаємодії з водою. Це обумовлено наявністю в їх

складі активних оксидів кальцію та кремнезему, які при гідратації утворюють гідрати кальцію, що сприяє набору міцності цементного каменю.

Пуцоланові добавки, такі як зола-виносу та мікрокремнезем, не мають власних гідралічних властивостей, але здатні реагувати з гідроксидом кальцію, що утворюється при гідратації цементу. В результаті цієї реакції утворюються додаткові гідрати кальцію, які заповнюють пори в цементному камені, підвищуючи його щільність та міцність.

Мікрокремнезем, завдяки високій дисперсності, активно взаємодіє з гідроксидом кальцію, утворюючи гідратований силікат кальцію (C-S-H). Це значно підвищує щільність та довговічність бетону.



Використання тонкомелених мінеральних добавок дозволяє суттєво покращити властивості цементу та бетону. Додавання мінеральних добавок сприяє підвищенню міцності бетону на стиск та вигин. Це обумовлено утворенням додаткових гідратів кальцію, які заповнюють пори та мікротріщини в цементному камені, підвищуючи його щільність та знижуючи проникність для агресивних речовин. Крім того, зменшення вмісту гідроксиду кальцію робить бетон більш стійким до дії сульфатів та інших агресивних середовищ, що підвищує його довговічність. Деякі мінеральні добавки, зокрема мікрокремнезем, сприяють зниженню усадки бетону. Це досягається за рахунок зменшення водопотреби бетонної суміші та підвищення її пластичності, що дозволяє уникнути утворення тріщин при твердінні.

Більш детально розглянемо дослідження та результати використання золи-виносу.

Зола-виносу є побічним продуктом роботи теплоелектростанцій і має значний потенціал для використання у складі цементних композицій. У роботі було проведено комплексне дослідження впливу золи-виносу на фізико-механічні властивості бетонів, їх довговічність та мікроструктуру цементного каменю. Метою дослідження було оптимізувати склад цементних сумішей із золою-виносу для підвищення ефективності будівельних матеріалів та зменшення їхнього екологічного впливу.

Основними компонентами золи-виносу є:

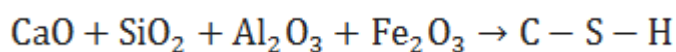
Діоксид кремнію (SiO_2) – до 60%.

Оксид алюмінію (Al_2O_3) – 15–25%.

Оксид заліза (Fe_2O_3) – 5–10%.

Невелика кількість кальцію (CaO) – 2–5%.

Загальна формула, що описує хімічний склад золи-виносу:



Даний склад забезпечує високу пуцоланову активність, що дозволяє взаємодіяти з гідроксидом кальцію ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) утворюючи додатковий гідратований силікат кальцію.

У дослідженнях використовувалась зола-виносу від вугільної теплоелектростанції, попередньо активована механічним помелом до питомої поверхні 400 м²/кг. Цементна композиція складалася з від 80% портландцементу і до 20% золи-виносу. Заміна до 20% цементу золою-виносу не призводить до зниження міцності на стиск на ранніх етапах твердіння (7 діб) і сприяє підвищенню міцності на 10% на 28-му добу. Зола-виносу знижує пластичну усадку бетону на 15%, що сприяє зменшенню ризику утворення тріщин. Щільність мікроструктури: Дослідження мікроструктури цементного каменю за допомогою скануючої електронної мікроскопії показали, що зола-виносу сприяє утворенню більш щільної структури цементного каменю. Зола-виносу демонструє високі пуцоланові властивості, що підтверджується формуванням додаткових продуктів гідратації, таких як гідратований силікат кальцію (C–S–H), що значно підвищує міцність цементного каменю.

Використання золи-виносу також дозволяє зменшити викиди CO₂ у виробництві цементу за рахунок скорочення кількості клінкеру. Отримані результати підтверджують ефективність золи-виносу як добавки для покращення властивостей бетонів, що відкриває перспективи її застосування у великих інфраструктурних проєктах.

Інноваційні підходи до використання тонкомелених добавок включають впровадження наноматеріалів, які значно підвищують механічні та експлуатаційні характеристики бетонів. Наприклад, нанокремнезем, що є вдосконаленим аналогом мікрокремнезему, дозволяє створювати ультратонкі покриття з високою стійкістю до зношування. Сучасні технології також включають активацію добавок шляхом термічної обробки, що підвищує їх реакційну здатність. Крім того, впровадження систем моніторингу якості сировини та автоматизація процесів змішування забезпечують стабільність кінцевих характеристик матеріалів. Інтеграція цих технологій допомагає створювати матеріали нового покоління, які відповідають вимогам сучасного будівництва.

Використання тонкомелених мінеральних добавок, таких як зола-виносу, сприяє вирішенню екологічних проблем, пов'язаних із утилізацією промислових відходів. Зола-виносу, яка є побічним продуктом теплоелектростанцій, становить значну частку промислових відходів і часто накопичується у великих обсягах на звалищах. Її застосування в цементній промисловості дозволяє зменшити обсяги відходів, а також знизити потребу в природних ресурсах для виробництва цементу. Крім того, застосування золи-виносу дозволяє зменшити викиди CO₂ у процесі виробництва цементу, оскільки потреба в обпаленні клінкеру значно знижується. Це робить технологію виробництва цементу більш екологічною та енергоефективною.

Використання тонкомелених мінеральних добавок також має економічні переваги. Часткова заміна цементу такими добавками, як зола-виносу або доменний шлак, дозволяє знизити собівартість бетонних сумішей. Промислові відходи, які використовуються як добавки, є значно дешевшими

у порівнянні з клінкером, що дозволяє знизити загальні витрати на виробництво цементу.

При використанні золи-виносу як замітника цементу у співвідношенні до 20% можна зекономити 210 грн на кожному м³ бетону. При великих обсягах будівництва, наприклад, для заливки 1000 м³ бетону, економія становитиме вже 210 000 грн. Це демонструє суттєві фінансові вигоди, які досягаються завдяки використанню тонкомелених мінеральних добавок, одночасно покращуючи екологічні показники будівельного процесу.

Використання тонкомелених мінеральних добавок активно впроваджується в будівництві України. Наприклад, зола-виносу, що є побічним продуктом роботи теплоелектростанцій, застосовується у виробництві цементу та бетонів на багатьох підприємствах. Одеська область, завдяки наявності великих промислових зон, має значний потенціал для впровадження цієї технології. У європейських країнах, таких як Німеччина та Франція, застосування доменного шлаку є обов'язковим у виробництві екологічно чистого бетону. Водночас азіатські країни, зокрема Китай, акцентують увагу на використанні мікрокремнезему через високий рівень урбанізації та потребу у високотехнологічних матеріалах. У країнах Скандинавії доменний шлак застосовують у будівництві портових споруд завдяки його стійкості до корозії у морській воді. У США мікрокремнезем використовують для створення хмарочосів із високою сейсмостійкістю. Кожен із цих прикладів демонструє важливість адаптації технологій до конкретних умов та завдань. Доменний шлак активно використовується в будівництві морських портів, оскільки він забезпечує високу стійкість бетону до корозії в умовах підвищеної вологості та солоної води.

Висновки

Тонкомелені мінеральні добавки є ефективним засобом покращення властивостей цементу та бетону. Результати проведених досліджень свідчать, що їх використання дозволяє суттєво підвищити фізико-механічні характеристики будівельних матеріалів, зокрема, міцність на стиск, морозостійкість та стійкість до агресивних середовищ. Дослідження підтвердили, що зола-виносу, завдяки своїй високій пуцолановій активності, сприяє формуванню щільної мікроструктури цементного каменю, що знижує його пористість і покращує довговічність.

Впровадження інноваційних технологій, таких як активація добавок або застосування наноматеріалів, дозволяє ще більше підвищити ефективність тонкомелених мінеральних добавок. Наприклад, результати експериментів продемонстрували, що додавання активованої золи-виносу знижує водопотребу бетонної суміші на 15%, що є важливим фактором для зменшення усадки та підвищення пластичності.

Таким чином, тонкомелені мінеральні добавки є перспективним напрямом для підвищення якості та екологічності будівельних матеріалів. Їх застосування дозволяє не лише вирішувати технічні завдання, але й

сприяє реалізації стратегії сталого розвитку за рахунок зниження викидів CO₂, утилізації промислових відходів і збереження природних ресурсів. Подальші дослідження в цій сфері відкривають нові перспективи для створення більш стійких та ефективних матеріалів для будівництва.

Посилання

1. Крижанівський В.О. "Пуцоланові добавки в будівельних матеріалах". Харків: Будівельна книга, 2021. – С. 25–40.
2. Smith J., Taylor P. "The Role of Fly Ash in Sustainable Construction". Cement and Concrete Research, 2019. – P. 102–120.
3. European Commission. "Guidelines on the Use of Mineral Additives in Concrete". Брюссель, 2022. – P. 55–78.
4. Василенко М.П., Шевченко А.В. "Використання золошлакових відходів у бетоні". Наукові праці ОДАБА, 2021. – С. 85–92.
5. Zhang Y., Li H. "Nano-Silica in High Performance Concrete". Journal of Construction Engineering, 2020. – P. 67–89.
6. Європейський комітет з бетону. "Використання шлаків у цементній промисловості". Рекомендації, 2018. – С. 5–20.

СУЧАСНИЙ СТАН КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНОГО СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА СТАЛІ В УКРАЇНІ, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Ст. наук. співр., канд. техн. наук П.О. Юшкевич

ORSID 0000-0002-2675-0737

Інститут чорної металургії НАН України, м. Дніпро, Україна

Вступ. За 2024 рік запланований обсяг виробництва сталі відповідно до даних у відкритому доступі [1, 2] може скласти від 7300000 т/рік до 7500000 т/рік, що перевищує показники обсягу виробництва 2023 року на 17%. Можлива тенденція до збільшення обсягу виробництва сталі є позитивним сигналом так як металургія займає друге місце у економіці нашої держави за обсягом експорту [1, 2]. Важливо відзначити, що на сьогодні до 75% [3] світового виробництва сталі відбувається у конвертерах: верхньої, комбінованої, донної та бічної продувки, садка яких може досягати до 450 т. Відповідно до джерела [4] з 2017 р. доля конвертерної сталі в Україні перевищувала 70% від загального виробництва, однак нажалі у зв'язку з знищенням або критичним ушкодженням певних металургійних підприємств України у ході війни, відбулося перерозподілення співвідношення долі виробництва сталі між конвертерним, мартенівським і електросталеплавильним технологічним способом. Потужності конвертерного виробництва сталі на сьогодні зосереджені на трьох великих

металургійні підприємствах України: ПрАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», ПрАТ «Дніпровський металургійний завод», ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ». Сукупно у своїй структурі ці підприємства мають за проектними потужностями 11 конвертерних агрегатів садкою від 60 до 250 т, що розраховані під технологію верхньої продувки розплаву. Для якої передбачено переважне застосування п'яти соплової верхньої фурми звичайної конструкції. Тільки в умовах роботи ПрАТ «Дніпровський металургійний завод» використовують верхню фурму, що працює з дворядним наконечником, що має загалом дванадцять сопел двох різних типів. Важливо відзначити, що рівень завантаження проектних потужностей цих металургійних підприємств у 2023 році становив до 25 %.

Мета роботи. Відзначити сучасний стан киснево-конвертерного способу виробництва сталі в Україні, переваги та недоліки виробництва конвертної сталі.

Основні матеріали дослідження. Загалом конвертерний спосіб виробництва сталі має ряд переваг порівняно з мартенівським та електросталеплавильним, а саме:

1. Найвища продуктивність. Такий показник забезпечується за рахунок того, що тривалість конвертування розплаву до отримання сталевого напівпродукту може становити від 60 до 15 хвилин, що в першу чергу визначається технологічними особливостями процесу, а не садкою агрегату;

2. Швидше протікання усіх фізико-хімічних процесів пов'язаних з окисленням домішок вихідного розплаву за рахунок безпосередньо прямого подання до його об'єму від $2,5 \text{ м}^3/\text{хв} \cdot \text{т}$ до $6 \text{ м}^3/\text{хв} \cdot \text{т}$ $\{\text{O}_2\}$ – кисню зі звуковою або надзвуковою швидкістю через спеціальні продувні пристрої/пристрій – фурми/фурму у процесі конвертування в межах робочого простору конвертерної ванни, що забезпечує швидке одержання сталевого напівпродукту необхідного складу;

3. Незначні капітальні витрати, на будівництво, капітальну реконструкцію та поточний ремонт конвертерних агрегатів, технологічного обладнання для конвертування сталі, що пов'язано з простотою їх конструкції, недорогими ремонтними матеріалами, деталями та обладнання для реалізації цих процесів;

4. Вища економічність, це забезпечується тим, що технології конвертерного виробництва сталі потребують менше енергії на виробництво 1 т. сталі і можуть обходитись без зовнішніх окремих джерел енергії (електроенергія, паливні носії енергії), обмежуючись суто енергією яка утворюється під час переробки рідкого чавуну киснем дуття з фурми/фурм;

5. Сприятливі умови для переробки у конвертері значної кількості металевго брухту (скрапу) до 30 %, будь якого хімічного складу та іншої твердої металошихти від загальної металевго шихти: залізрудних окатишів, брикетів та ін. без застосування зовнішніх джерел енергії (електроенергія, паливні носії енергії);

6. Краща керованість перебігом технологічного процесу перетворення розплаву у сталеплавильний напівпродукт, з можливістю розвитку максимальної його гнучкості для досягнення необхідного хімічного складу розплаву, шлаку та регулювання хімічного складу відхідних газів;

7. Ліпші екологічні показники за рахунок меншого впливу на навколишнє середовище порівняно з мартенівським способом, завдяки більш раціональному використанню екзотермічної енергії у ході перетворення розплаву на сталеплавильний напівпродукт з більш ефективною утилізацією вторинних продуктів плавки таких як відхідні гази з домінуючим вмістом {CO} – монооксиду вуглецю та високоосновного шлаку з основністю — В від 2,5 до 3,5.

До недоліків конвертерного виробництва сталі порівняно з електросталеплавильним можна віднести:

1. Залежність успішності та тривалості конвертування розплаву від: початкової температури рідкого чавуну; вихідного вмісту: [Si] – кремнію, [Mn] – марганцю, [C] – вуглецю та кількості металевих брухтів у співвідношенні шихтовки плавки;

2. Велика інтенсивність утворення відхідних конвертерних газів та пилу у ході продувки особливо за відсутності використання металевих брухтів або іншої твердої металевих шихти у завалці;

3. Неможливо проведення плавки без рідкого чавуну, що має температуру від 1260°C, з використанням тільки твердої металошихти або з заміною рідкого чавуну на більшу долю твердої металошихти;

4. Складність видалення [S] – сірки з розплаву, під час його переробки в кисневому конвертері;

5. Висока окисненість шлаку. Вміст різновидів форм оксиду заліза (FeO) у шлаковому розплаві, може зростати від 10 до 25 %;

6. Підвищений вміст кисню та азоту у сталевому напівпродукті, викликають обов'язкове проведення операцій розкислення на прикінці плавки;

7. Утворення металевих (заметалювання), металошлакових або шлакових настилів на верхній фурмі, горловині конвертеру та екрануючих поверхнях кісону газовідвідного тракту, а також можливе заметалювання та закупорка донних фурм за їх використання.

Висновки. З урахуванням наведених переваг треба відзначити, що у подальшому доцільним є відновлення домінуючої частки виробництва сталі саме киснево конвертерним способом за новими сучасними технологіями, що за можливості будуть виключати або зводити до мінімуму недоліки конвертерного способу виробництва сталі. Дотриманням такого підходу, дозволить не тільки досягти світових показників долі виробництва конвертерної сталі від загального обсягу, а й відповідати вимогам світової конкурентоспроможності.

Посилання

1. Григоренко Ю. Українські метпідприємства у 2024 році можуть збільшити виплавку сталі до 7,3 млн. т.: веб-сайт. URL: <https://gmk.center/ua/news/ukrainski-metpidpriemstva-u-2024-roci-mozhut-zbilshiti-viplavku-stali-do-7-3-mln-t/> (дата звернення 01.12.2024).
2. Юшкевич П.О. Сучасний стан та переваги киснево-конвертерне виробництва сталі в Україні. Збірник тез: Всеукраїнської науково-технічної конференції «Наука і металургія присвячена 85-річчю ІЧМ НАН України». Дніпро. 19-20 листопада 2024 р. Д: «Візіон». С. 12.
3. Гарбатенко В. Ключові технології виплавляння сталі: веб-сайт. URL: https://metinvest-smc.com/ua/articles/sliaxi-rozvitku-zelenoyi-metallurgiyi-castina-2-technologiyi-virobnictva-stali/?srsltid=AfmBOoppuXIKQNS4WPIi_BkQ5CJiXK40R67d%20y0AX1FjG9ad2pmIL8Orw (дата звернення 02.12.2024).
4. Основним способом виплавки сталі в Україні залишається киснево-конвертерний: більше 70% виробництва: веб-сайт. URL: <https://ukrrudprom.ua/news/Osnovnim-sposobom-viplavki-stali-v-Ukraine-o-staetsya-kislородnok.html> (дата звернення 02.12.2024).
5. Зражевский А.Д., Чернятевич А.Г., Сущенко А.В., Гриценко А.С. Стан і подальше вдосконалення конструкцій кисневих фурм в конвертерних цехах України. Металургійна і гірничорудна промисловість. 2014. №6. С.20-30.
6. Полетаєв В.В. Конспект лекцій з дисципліни: Технологія виплавки сталі. Конвертерні процеси. Д: ДДТУ. 2012. 104 с.
7. Верховлюк А.М. Нарівський А.В., Могилатенко В.Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: Навч. посібник. За ред. академіка НАН України В.Л. Найдека. К.: Видавничий дім "Вініченко". 2016. 224 с.
8. Баптизманський В.І., Бойченко Б.М., Величко О.Г., Ісаєв, Є. І., Огурцов А. П. Сталеплавильне виробництво. Київ: ІЗМН, 1996. 400 с.
9. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, рециркуляція матеріалів і екологія. Д: Дніпро-ВАЛ, 2006. 456 с.
10. Singha P., Shukla A.K. Dynamic basic oxygen steelmaking process and its industry validation. JOM. 2023. Vol. 75. № 9. Pp. 3890-3899. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11837-023-06003-1>

ЗМІСТ CONTENTS

(прізвища авторів і назви доповідей наведені мовою оригіналу)
(authors surname and the list of reports correspond to originals)

СЕКЦІЯ 1: ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ SECTION 1: INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN EDUCATION

Балакін В.Ф., Хохлова Т.С., Ступак Ю.О. Взаємодія з роботодавцями як фактор забезпечення релевантності освітньо-професійної програми підготовки фахівців	6
Батарейна І.А., Братченко А.С. Освітні втрати в Україні: Міжнародний досвід запобігання та мінімізації	10
Борачук Л.Д. Впровадження інноваційних технологій навчання в сучасному освітньому просторі	13
Борачук О.А. Переваги методу проектів під час дистанційного навчання при викладанні природничих дисциплін	16
Брийовська І.Б. Правове забезпечення та захист прав учасників освітнього процесу в умовах змішаного та дистанційного навчання ...	19
Вольф О.О. Європейський досвід організації паліативної допомоги: можливості та виклики для України	24
Вячеславова О.А. Риторика в медичній освіті як засіб формування комунікативної компетентності майбутнього лікаря	27
Dubinsky Alexey The impact of generative AI on the learning process	30
Дудар З.В., Усачов В.О. Адаптивні методи інтеграції навчальних матеріалів у дистанційному навчанні	32
Кузнецов О.А., Даниленко О.М. Теоретичні та методологічні основи вивчення курсу «Історія та культура України» у ВНЗ	38
Курбанова Х.Ш. Активізація лідерського потенціалу з формування професійної компетентності майбутніх бакалаврів хіміко-технологічних спеціальностей у процесі фахової підготовки	44
Мироненко М.А. Микола Лукаш: драгоман, що надихає (до 105-річчя від дня народження)	46
Savchenko S., Tudovshi A. People and ranks. Nomenklatura as inevitability. About Mikhail Voslensky's conception	49
Solodenko Y.A., Horpynych Oleksii Humanitarian component of physical culture: development of social and psychological competencies through sport	52
Стрижак Д.О. Емпіричне навчання як основа практико-орієнтованої підготовки майбутніх учителів хімії	56
Ступак Ю.О., Хохлова Т.С. Штучний інтелект як нова реальність і поштовх до вдосконалення освітніх технологій	58

Христич М., Антонова М.В., Васильєва Є.В. Щодо важливості використання наочних матеріалів для забезпечення якості онлайн-освіти з інженерних дисциплін	64
Tsvetkova E.V., Romanova Olha Statistical methods for studying the effectiveness of distance learning: experience of Ukrainian universities	66
Черниш Т.М., Кобися В.М. Сучасні підходи до підготовки операторів з обробки інформації та програмного забезпечення в умовах цифровізації освіти	70
Шейко Т.В., Малишев В.О. Проблеми інтеграції освіти і науки у цукрову галузь України	76

СЕКЦІЯ 2: СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАУКИ І ВИРОБНИЦТВА SECTION 2: MODERN PROBLEMS OF SCIENCE AND PRODUCTION DEVELOPMENT

Аксьонова І.М. Визначення хвильових явищ у біохімічних процесах очищення стічних вод	80
Антіпов О.А., Зибайло С.М. Вибір типу гідроциліндру для регулювання натягу сітки конвеєру тунельної печі	84
Візняк Р.І., Кінчин І.М. Особливості конструкції піввагона з глухим кузовом нового покоління	87
Вовк А.О., Сігарьов Є.М., Похвалітий А.А., Руденко М.Р., Чубіна О.А. Класифікація режимів формування газорідного потоку при випуску розплаву з конвертера	90
Воденнікова О.С., Воденніков С.А., Коростін В.Г. Аналіз причин та наслідків розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів	93
Воденнікова О.С., Воденніков С.А., Нікіфоров Д.С. Огляд сучасних брикет-пресів для брикетування металевих матеріалів	97
Водін І.Й., Гуцалова В.І. Особливості відновлення оксидів кальцію і кремнію вуглецем в присутності заліза при виплавці феросилікокальцію	102
Гуцалова В.І., Водін І.Й., Брикнер О.В. Вплив зовнішніх факторів та сучасні методи захисту металів від корозії	105
Даниленко І.О., Несевря П.І. Щодо використання екструдера для 3D-друку при виконанні робіт з відновлення пошкоджених будівель	109
Єськов Д.В., Сігарьов Є.М., Крячко Г.Ю., Похвалітий А.А., Руденко М.Р. Зміна глибини затягування шлаку у ковшову ванну при інтенсифікації пневматичного перемішування	110
Засельський В.Й., Пополов Д.В. Математична модель процесу заклинювання частинок матеріалу в отворах сіночої поверхні вібраційного грохоту	114

Засельський І.В., Шефер В.О. Лабораторні дослідження щодо зменшення зависань та раціонального завантаження мінеральною сировиною дробарок крупного дроблення	119
Кімстач Т.В., Узлов К.І., Реп'ях С.І. Обґрунтування необхідності розробки складів ливарних корозійностійких, немагнітних бронз	123
Кондращенко Д.С., Чернятевич А.Г., Сігарьов Є.М., Похвалітий А.А., Круть А.В. Методика та результати високотемпературного моделювання нагріву металевого брухту в конвертері	125
Кононенко Г.А., Кімстач Т.В., Подольський Р.В., Сафронова О.А., Клинова О.П. Аналіз рівномірності литої структури дослідних економнолегованих сталей для товстолистового прокату	131
Кошкіна О.Ф., Бігун Л.О. Заходи щодо підвищення надійності електропостачання промислових підприємств в умовах військового стану	137
Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Дейнеко Л.М., Хохлова Т.С., Столбовий В.О., Панченко А.В. Сучасні тенденції у розвитку технологій термічної та хіміко-термічної обробки трубного інструменту	140
Лагутчев Д.М., Несеоря П.І. Щодо аналізу особливостей зведення логістичних центрів	156
Leonov V.Ye. Planetary "climate crisis" is a problem for the international community	157
Литовченко Ю.В., Литовченко О.В., Модло Є.О., Хижняк В.Я. Сонячна електроенергетика для приватних будинків: науково-технічний огляд	162
Моркун В.С., Поркуян О.В., Грищенко Я.О. Моделювання методів підвищення ефективності процесів видобутку та перероблення залізної руди	167
Перчун Г.І., Івченко А.О. Особливості технології комбінованого виробництва арматурного прокату періодичного профілю в бунтах ...	170
Pylypenko M.M., Yefimov O.V., Drobyshevska A.O. Zirconium alloys for nuclear reactors	173
Поліщук Д.О., Поліщук О.Д., Яджак М.С. Оцінювання уразливості та відновлюваності складних мережевих систем	178
Рудін А.А., Несеоря П.І. Удосконалення технології виготовлення наконечників зондів для динамічного зондування конусом	183
Серіков Я.О. Інформаційні технології у вирішенні проблеми збереження здоров'я диспетчерів служби залізничного транспорту та підвищення надійності рішення їх виробничих завдань	185
Сігарьов Є.М., Єськов Д.В., Чубіна О.А., Кащев М.А., Терещенко Д.М. Руйнування футерівки ковшу при використанні обертової заглибної фурми	190

Соловйова І.А., Николаєнко Ю.М., Балакін В.Ф., Петров К.В., Серпокрил В.М. Використання інформаційних технологій для моделювання технологічних параметрів виробництва труб холодною роликовою прокаткою	194
Стеценко Н.О. Розвиток концепції zero-waste для харчової промисловості у контексті сталого розвитку	199
Сурков С.В., Бутенко О.Г., Чернець М.С. Вдосконалений алгоритм розрахунку газових ежекторів для систем очистки повітря	201
Тарасевич В.М., Бурковський М.Д. Про економічну адаптацію підприємств до умов інноваційно-інформаційної невизначеності	206
Тимченко С.Є., Клименко Д.В. Методика оптимізації роботи асинхронного двигуна на основі аналізу робочих параметрів	208
Узлов К.І., Реп'ях С.І., Кімстач Т.В., Карнова Т.П. Евтектико-перитектичний характер структуроутворення сплавів мідного кута системи Cu-Sn-Al	214
Шимченко П.В. Тонкомелені мінеральні добавки	221
Юшкевич П.О. Сучасний стан киснево-конвертерного способу виробництва сталі в Україні, переваги та недоліки	225

Наукове видання

**VII Міжнародна конференція
«Інноваційні технології в науці та освіті.
Європейський досвід»
23 - 25 грудня 2024 р., Дніпро, Україна**

МАТЕРІАЛИ

/статті, доповіді, тези доповідей, аналітичні матеріали/
Українською та англійською мовами

Відповідальні за випуск: Хохлова Т. С., Ступак Ю. О.
Укладачі: Хохлова Т. С., Ступак Ю. О.
Комп'ютерна верстка Ступак Ю. О.
Технічний редактор Ступак Ю. О.

Здано на складання 22.12.24. Підписано до друку 23.12.24.
Обл.-вид. арк. 14,5. Ум. друк. арк. 13,5.
Електронне видання.

Видавництво «Журфонд»
49001, Дніпро, вул. Старокозацька, 8.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
ДК №684 від 21.11.2001 р.

Підготовлено до публікації:
ТОВ «Дніпровський освітній центр»
49000, Україна, м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського, 1/2

Колектив авторів

М58 VII Міжнародна конференція «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід»: Матеріали. Електронне видання. – Дніпро: Журфонд, 2024 – 233 с.

ISBN 978-966-934-625-4

До збірника матеріалів VII Міжнародної конференції «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід» (23-25 грудня 2024 р., Дніпро, Україна)* увійшло 55 доповідей (статті, тези), що надійшли до оргкомітету та були прийняті до опублікування.

* конференцію було включено до Переліку МОНУ наукових конференцій з проблем вищої освіти та науки на 2024 рік (розділ I /Міжнародні конференції/, поз. 707), з проведенням у м. Гельсінкі (Фінляндія), але через складні обставини, пов'язані з воєнним станом, за узгодженням з титульними організаторами (ун-т Аалто, ун-т Алгарве) конференцію вирішили провести в повністю «заочному» форматі, у м. Дніпро (УДУНТ), без виїзду учасників до університету Аалто

УДК 658.562.012.7