

# ЗАПОРІЖСТАЛЬ



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»  
ПУБЛІЧНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
ЗАПОРІЗЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ  
«ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

## 48-ма НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДІ

з нагоди 91-річчя ПАТ «Запоріжсталь»



Збірник тез і анотацій  
наукових доповідей

# ЗАПОРІЖСТАЛЬ



**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»  
ПУБЛІЧНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
ЗАПОРІЗЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ  
«ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

**48-ма Науково-технічна конференція молоді  
з нагоди 91-річчя ПАТ «Запоріжсталь»**

**Збірник тез і анотацій наукових доповідей**

УДК 082.2:669.18.013(477.65)(062.552)

С66

**Редакційна колегія:**

**Тараско В. О.**, директор з виробництва ПАТ «Запоріжсталь»;  
**Педь М. Г.**, директор з персоналу ПАТ «Запоріжсталь»;  
**Петряков М. В.**, директор з інжинірингу ПАТ «Запоріжсталь»;  
**Борисов О. В.**, директор з операційних поліпшень ПАТ «Запоріжсталь»;  
**Гаврилюк К. О.**, директор з охорони праці, промислової безпеки та екології ПАТ «Запоріжсталь»;  
**Набока В. І.**, директор з технології і якості ПАТ «Запоріжсталь»;  
**Донець О. К.**, керівник молодіжної організації комбінату ПАТ «Запоріжсталь»;  
**Кухар В. В.**, д. т. н., професор, проректор з науково-дослідної роботи ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»;  
**Малій Х. В.**, к. т. н., керівник науково-дослідного департаменту ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»;  
**Койфман О. О.**, к. т. н., доцент, завідувач кафедри автоматизації, електро- та робототехнічних систем ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»;  
**Держевецька М. А.**, к. е. н., доцент кафедри цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень, голова Ради молодих вчених ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»;  
**Грибков Е. П.**, д. т. н., професор, завідувач кафедри металургії та організації виробництва ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»;  
**Штода М. М.**, к. т. н., доцент, доцент кафедри металургії та організації виробництва ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»;  
**Пікареня Д. С.**, д. г. н., професор, професор кафедри безпеки праці та охорони довкілля ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»

С66 **48-ма Науково-технічна конференція молоді з нагоди 91-річчя ПАТ «Запоріжсталь»** : збірник тез і анотацій наукових доповідей. – Одеса : Олді+, 2024. – 124 с.

ISBN 978-966-289-930-6

До збірника увійшли матеріали, у яких обговорюються перспективні науково-технічні розробки молодих науковців прикладного характеру.

УДК 082.2:669.18.013(477.65)(062.552)

# ЗМІСТ

## ІНЖИНІРИНГ

Заміна ламп накаливання освітлення тепловозів на більш енергоефективні, довговічні та економічно вигідні світлодіодні в тепловозному парку УЗТ ЦРПС ПАТ «Запоріжсталь» <i>Гиря Б. В.</i> . . . . .	8
Збільшення ресурсу акумуляторних батарей на транспорті та промисловості за допомогою балансиру напруги <i>Гребенюк О. О., Вернідуб М. В.</i> . . . . .	9
Зміна колійного розвитку на ст. Підборочна на ділянці Шихтове подвір'я східна сторона, методом укладки додаткового стрілочного перевалу <i>Дерев'янюк С. О.</i> . . . . .	10
Впровадження системи зачищення металу на агрегаті повздожнього різання № 4 <i>Мірошниченко А. С., Муравйов А. М.</i> . . . . .	11
Виготовлення бандажів коксодробилок з валків б/в ЦГП опорної кліті стану 2-10 НТЛС 1680 в умовах ПАТ «Запоріжсталь» <i>Муравйов М. Д.</i> . . . . .	12
Повторне використання шпал при організації поточного ремонту залізничних колій в умовах ПАТ «Запоріжсталь» <i>Новодворський О. Г.</i> . . . . .	13
Оптимізація роботи рудно-грейферних перевантажувачів в умовах доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь» <i>Расторгуєв Д. Б.</i> . . . . .	14
Модернізація системи регулювання рівня ХОВ, технологічної сигналізації низького / високого рівня ХОВ в умовах ПАТ «Запоріжсталь» <i>Рекашов І. В.</i> . . . . .	15
Рішення проблеми простоїв вагонів загальної мережі на коліях комбінату в умовах ПАТ «Запоріжсталь» <i>Рубан Д. Р.</i> . . . . .	15
Встановлення теплових екранів з метою мінімізації втрат теплової енергії при транспортуванні слябів по рольгангу в умовах ПАТ «Запоріжсталь» <i>Слабій А. О.</i> . . . . .	16

Адаптація ПАТ «Запоріжсталь» до вимог СВМ: економічні та технологічні аспекти «зеленого» переходу <i>Тимошенко Д. О.</i> . . . . .	17
Установка над першою секцією конвеєра моталок БТЛС 1680 пристрою для охолодження перших витків рулону з подальшим їх осадженням в умовах ПАТ «Запоріжсталь» <i>Чернов Д. Д.</i> . . . . .	20

## **ТЕХНОЛОГІЯ ТА ЯКІСТЬ**

Порівняльне дослідження зразків з жароміцного сплаву, отриманих традиційними та адитивними технологіями <i>Білюнок Д. І., Шило В. Г., Педаш О. О.</i> . . . . .	21
Впровадження спектрометру “SPECTROMAXx” для визначення хімічного складу сталі, чавуну та мідних сплавів <i>Буткевич В. С.</i> . . . . .	23
Впровадження комплексів заходів щодо видалення дефектів крайок на гарячекатаному товарному нетравленому рулоні на БТА-4 ЦХП в умовах ПАТ «Запоріжсталь» <i>Ємець Д. О., Тюпа М. Р.</i> . . . . .	24
Аналіз недоліків роботи обладнання безперервного стану 1680 ЦГП ПАТ «Запоріжсталь» та запропоновані заходи покращення роботи обладнання стана <i>Косинській О. А.</i> . . . . .	25
Відпрацювання технології усунення дефектів на виливках з жароміцного нікелевого сплаву ВЖЛ12У-ВИ методами зварювання та паяння <i>Котов М. М.</i> . . . . .	26
Створення нової технології виготовлення жерсті в ЦХП <i>Макаренко В. А.</i> . . . . .	29
Підвищення продуктивності на реверсивному прокатному стані 1680 в умовах ПАТ «Запоріжсталь» <i>Мошерець Д. С.</i> . . . . .	30
Дослідження причин поломок прокатних валків листових станів ПАТ «Запоріжсталь» та розробка рекомендацій щодо підвищення їх якості <i>Нізяєва К. В.</i> . . . . .	31
Підвищення якості змотування г\к смуг на БТЛС-1680 в умовах ПАТ «Запоріжсталь» <i>Новічков Д. С.</i> . . . . .	32

Розробка заходів щодо удосконалення процесу прокатки на реверсивному стані холодної прокатки 1200 в умовах ЦХП ПАТ «Запоріжсталь»	
<b>Попов Д. В.</b> . . . . .	<b>32</b>
Дослідження з визначення оптимальної калорійності коксо-доменно-природної газової суміші для запалювання агломераційної шихти	
<b>Фещенко І. О.</b> . . . . .	<b>33</b>
Заходи щодо покращення якості змотування НТЛС 1680 ЦГП	
<b>Шевчук О. Ю.</b> . . . . .	<b>34</b>
Рішення проблеми закриття запірних пристроїв несправних локів напіввагонів в умовах ПАТ «Запоріжсталь»	
<b>Шентій В. Г.</b> . . . . .	<b>35</b>
Удосконалення планшетності гарячекатаної смуги на БТЛС-1680 в умовах ПАТ «Запоріжсталь»	
<b>Щербак А. Є.</b> . . . . .	<b>36</b>

## **ОХОРОНА ПРАЦІ**

Аналіз проблеми закриття мосту на ПАТ «Запоріжсталь» та її вплив на безпеку працівників	
<b>Балуца Д. Ю.</b> . . . . .	<b>37</b>
Удосконалення вимог охорони праці та безпеки руху при роботі електроштовхача вагонів вагоноперекидача № 2 в умовах ПАТ «Запоріжжкокс»	
<b>Новодворський О. Г, Годун Є. А.</b> . . . . .	<b>38</b>
Встановлення мобільних укриттів на зупинках корпоративного транспорту та біля віддалених робочих місць	
<b>Грюков Д. В.</b> . . . . .	<b>39</b>
Впровадження додаткового освітлення на бункерній естакаді ПАТ «Запоріжсталь»	
<b>Муренець Д. В.</b> . . . . .	<b>40</b>
Оповіщення людей у небезпечній зоні під час виконання душоровання та переміщення вагонів за допомогою Кабестану	
<b>Нечет О. Є.</b> . . . . .	<b>41</b>
Визначення основних параметрів циклону та перевірка ефективності очистки	
<b>Подобний А. Д.</b> . . . . .	<b>42</b>

Зниження викидів отруйного оксиду вуглецю та економії змішаного газу шляхом контролю повноти згорання палива на нагрівальних колодязях на ПАТ «Запоріжсталь» <b>Покрепов О. В.</b> . . . . .	44
Огляд методів скорочення винесення пилю з поверхонь хвостосховищ <b>Тішина В. М.</b> . . . . .	46
Забезпечення працівників, задіяних у процесі безперервного виробництва, додатковими турнікетами (правило трикутника) на ПАТ «Запоріжсталь» <b>Чернишов В. М.</b> . . . . .	49
<b>СЕКЦІЯ СТУДЕНТСЬКИХ ПРОЄКТІВ</b>	
QUALITY ASSURANCE OF CAST FERTILIZER NICKEL ALLOYS <b>Bilionok D. I., Tomkin D. O., Naumyk O. O., Pedash O. O., Naumyk V. V.</b> . . . . .	50
Передумови корпоративного навчання та розвитку Soft Skills <b>Кліменкова О. В., Стадник А. Г.</b> . . . . .	54
Проблеми потрапляння важких металів у ґрунти від викидів металургійної промисловості та шляхи їх вирішення <b>Коробкіна Н. А., Накемпій О. К.</b> . . . . .	56
Методи дослідження нестационарних електромагнітних процесів у потужних синхронних машинах <b>Корогод Д. М., Чаповський Б. А., Зіновкін В. В., Крисан Ю. О., Васильєва Є. В.</b> . . . . .	60
Підвищення безпеки руху на залізничних переїздах <b>Кравченко Н. Ю.</b> . . . . .	64
Дослідження електроприводу кранових механізмів на основі математичних моделей <b>Крисан С. О., Зіновкін В. В.</b> . . . . .	66
Модифікування лопаток газотурбінних двигунів із жароміцного нікелевого сплаву <b>Кудін В. В., Бойчук Р. В., Кармазін М. О.</b> . . . . .	72
Моделювання нестационарних електромагнітних процесів у трансформаторах спеціального призначення <b>Куніцин А. В., Панченко В. В., Зіновкін В. В., Крисан Ю. О., Третьяков А. О.</b> . . . . .	75
Використання штучного інтелекту та машинного навчання в металургії <b>Логвиненко А. Г.</b> . . . . .	79

Проблема ефективності заходів безпеки при роботі з технічним обладнанням <i>Міняйло Д. О.</i> . . . . .	80
Визначення факторів, що негативно впливають на підвищення операційної ефективності металургійної галузі України в умовах війни, та шляхи їх зниження <i>Мішин О. А.</i> . . . . .	85
Особливості психічної стійкості працівників у сфері підвищеної небезпеки (на прикладі газорозподільних підприємств) <i>Підлужна С. І.</i> . . . . .	88
Використання скорингових методик для оцінювання інвестиційних проєктів <i>Гойденко О. В., Севастьянов Р. В.</i> . . . . .	91
Застосування машинного зору для виявлення перебування людини в небезпечних зонах металургійного виробництва <i>Серба М. Д.</i> . . . . .	96
Дослідження статичної стійкості височастотного синхронного генератора при живленні індукційних технологічних установок <i>Сергієнко І. В., Зіновкин В. В., Крисан Ю. О.</i> . . . . .	98
Міжнародний досвід особливостей удосконалення управління в контексті сталого розвитку промислових підприємств у післявоєнний період <i>Коберняк Д. О., Лобань С. І., Сергієнко Т. І.</i> . . . . .	104
Трирівнева система визначення поточного технічного стану силових трансформаторів <i>Сіра В. А., Шрам О. О., Третьяков А. О., Зіновкин В. В., Крисан Ю. О.</i> . . . . .	108
Модернізація АСКТП дозування та огрудкування на випалювальних машинах з урахуванням вологості концентрату, шихти, сирих окатишів та гранулометрії <i>Стебелько І. Є.</i> . . . . .	114
Маркетингові комунікації підприємств металургійної галузі у міжнародному середовищі <i>Трубай О. С., Павлішина Н. М.</i> . . . . .	117
Аналіз ризиків та перспектив розвитку металургійної галузі України в умовах воєнного стану <i>Ярцева В. В.</i> . . . . .	121

---

---

# ІНЖИНІРИНГ

---

---

## **ЗАМІНА ЛАМП НАКАЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ ТЕПЛОВОЗІВ НА БІЛЬШ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ, ДОВГОВІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНО ВИГІДНІ СВІТЛОДІОДНІ В ТЕПЛОВОЗНОМУ ПАРКУ УЗТ ЦРРС ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

**Гиря Б. В.**

*слюсар-електрик, УЗТ ЦРРС, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи замінити лампи розжарювання у тепловозах на більш енергоефективні, довгострокові та економічні.

Заміна старих ламп розжарювання ж-110 на тепловозах УЗТ ЦРРС, на нові світлодіодні ж-90.

У розрахунку було виявлено, що світлодіодні лампи у 6 разів ефективніші ніж лампи розжарювання.

Окрім економічного ефекту, більш стійкі до жорсткості навколишнього середовища, вібрацій які постійно присутні на тепловозі, та більш стійкі до зміни теплового навантаження.

### **Перелік використаних джерел:**

1. LEDs as energy efficient lighting systems: A detail review | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore.
2. Лампа залізнична Ж 90в-260в/12вт LED з цоколем В22d: продаж, ціна у Києві. Лампочки від «Продаж джерел світла спеціального та побутового призначення» – 905498624.

**ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ  
НА ТРАНСПОРТІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ  
ЗА ДОПОМОГОЮ БАЛАНСИРУ НАПРУГИ**

***Гребенюк О. О.***

*слюсар-електрик з ремонту електроустаткування,  
ЦРРС УЗТ, ПАТ «Запоріжсталь»*

***Вернідуб М. В.***

*акумуляторник, ЦРРС УЗТ, ПАТ «Запоріжсталь»  
м. Запоріжжя, Україна*

Метою даного проекту є розвиток залізничного транспорту за рахунок сучасних науково-технічних досягнень. Одним із критично важливих компонентів є балансири напруги для акумуляторів, які забезпечують рівномірний розподіл напруги між окремими елементами батареї. Метою дослідження є аналіз ефективності балансірів напруги у використанні залізничним транспортом, а також визначення їхнього впливу на зменшення витрат та покращення надійності електроустаткування.

Теоретична цінність роботи полягає в систематизації знань про роботу балансірів напруги та їхній вплив на експлуатаційні характеристики акумуляторних систем. Практична цінність дослідження полягає у визначенні економічного ефекту від застосування балансірів напруги.

Під час дослідження було виконано моделювання балансірів напруги на зразках акумуляторних систем, що використовуються на залізничному транспорті. Було проаналізовано різні типи балансірів напруги, включно з пасивними та активними системами. Вивчено їхній вплив на продуктивність акумуляторів, розрядні характеристики та стабільність напруги в процесі зарядки та розрядки. Особливу увагу приділено впливу балансірів на загальну економічність експлуатації системи – зокрема, зменшенню витрат на обслуговування та заміну обладнання.

У результаті дослідження встановлено, що застосування балансирів напруги дозволяє зменшити дисбаланс напруги між елементами батареї, знижуючи ризик передчасного виходу з ладу окремих елементів та забезпечити зменшення витрат на змінне устаткування.

**ЗМІНА КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ НА СТ. ПІДБОРОЧНА  
НА ДІЛЯНЦІ ШИХТОВЕ ПОДВІР'Я СХІДНА СТОРОНА,  
МЕТОДОМ УКЛАДКИ ДОДАТКОВОГО  
СТРІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ**

*Дерев'яно С. О.*

*машиніст тепловозу, ЦЕ УЗТ, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є впровадження зміни колійного розвитку на станції Підборочна ПАТ «Запоріжсталь» на ділянці Шихтового подвір'я.

У даний час на станції Підборочна на ділянці (Шихтового подвір'я східна сторона) у непарній горловині існує проблема з колійним розвитком, а саме на ст. Мартени (Шихтове подвір'я) виставляються вантажі: феромарганці, цегла, обладнання, ребристі під скрап на МП, мультдовські склади, вагонопіврочний вагон, кварцит та ін.вантажі, а також екіпірування тепловозів з ділянки ШП МЦ ст. Мартени (1–2 тепловоза в зміну), всі ці маневрові пересування відбуваються через СП№ 7, яка з'єднує між собою залізничні колії ст. Мартени та залізничну колію № 3 ст. Підборочна з східної сторони ШП. Також на цій колії відбувається вивантаження вагонів в Мартенівському цеху ШП: окалина, флюси, шлаки, магнезитова суміш, оксид заліза, також колія № 3 – є вантажним фронтом МЦ ШП, для того, щоб виставити вагони з вантажем на ст. Мартени чи забрати порожні вагони

з ст. Мартени потрібно узгодити дії з шихтовщиком МЦ ШП, зупинити вантажопідйомні механізми, а також роботи в цеху по залізничній колії № 3, після цього (звільнити) шлях, щоб виставити необхідні термінові вантажі для Мартенівських печей або в зворотному напрямку, а також екіпірування тепловозів.

Результати роботи можуть бути використані для удосконалення маневрової роботи на ділянці Шихтове подвір'я.

### **ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЗАЧИЩЕННЯ МЕТАЛУ НА АГРЕГАТІ ПОВЗДОВЖНЬОГО РІЗАННЯ № 4**

***Мірошніченко А. С.***

*електромонтер з ремонту та обслуговування електрообладнання,  
ЦХП, ПАТ «Запоріжсталь»*

***Муравйов А. М.***

*електромонтер з ремонту та обслуговування електрообладнання,  
ЦХП, ПАТ «Запоріжсталь»  
м. Запоріжжя, Україна*

На сьогоднішній день в технологічному процесі агрегату повздовжнього різання № 4 (АПР-4) ЦХП не застосовується використання системи зачищення металу, а лише обрізання крайової кромки металу. АПР-4 призначений для розпуску рулонів вуглецевої сталі на полоси потрібної довжини та обрізання кромки.

В даний час в процесі прокату металу виникає безліч дефектів з якості готової продукції, а саме присутність таких дефектів як сажа, подряпини та інше. Даний метал з виявленими дефектами направляється на порізку АПР-3 та доопрацювання на дільницю сортування, що потребує додаткових витрат різних видів енергоресурсів, збільшення трудомісткості. Основним завданням даної роботи є виконання аналізу та розробка

технічного рішення за для досягнення і підтримки необхідної якості готової продукції.

Для вирішення даної проблеми пропонується розробити механічну та електричну частину схеми керування, шляхом монтажу додаткових зачисних роликів перед дисковими ножицями, які будуть приводитись у дію за допомогою електроприводу, електрична схема якого, буде впроваджена в існуючу схему керування. При роботі агрегату перед потраплянням полоси металу на ножиці для обрізання кромки, за рахунок системи натягу між розмотувачем та моталкою, а також за рахунок узгодженості швидкостей, буде виконуватися зачищення металу під час проходження полоси через зачисні ролики.

Реалізація даного проєкту дозволить уникнути відхилень від неякісного прокату металу, а також зменшення витрат на додаткову його обробку.

**ВИГОТОВЛЕННЯ БАНДАЖІВ КОКСОДРОБИЛОК  
З ВАЛКІВ Б/В ЦГП ОПОРНОЇ КЛІТИ СТАНУ 2-10 НТЛС 1680  
В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Муравйов М. Д.***

*слюсар-ремонтник, АЦ, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Для виконання своєчасного ремонту коксових дробарок потрібні валки.

Ремонт валків, згідно з заявкою цеху, виконується силами ТОВ «ЗЛМЗ». Для можливості проведення ремонту валків коксодробарок ТОВ «ЗЛМЗ» необхідно своєчасно виробляти закупівлю поковок, що наразі відбувається невчасно.

У результаті спільної роботи спеціалістів агроцеху, ЦГП та ТОВ «ЗЛМЗ» було знайдено можливість заміни поковок

б/в валками опорної кліті 2-10 НТЛС-1680, які завжди відправляють у копровий цех як металобрухт.

Виготовлення бандажів валків коксодробилок з валків ЦГП б/в дозволило значно знизити витрати на ТМЦ протягом року.

## **ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ ШПАЛ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Новодворський О. Г.***

*диспетчер району, ЦЕ УЗТ, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є відбір та повторне використання шпал при організації поточних ремонтів колій на ділянках залізничного транспорту ПАТ «Запоріжсталь» та ПАТ «Запоріжжкокс» після капітальних ремонтів залізничних колій Коксового цеха ПАТ «Запоріжжкокс».

Передбачається впровадити систему додаткового обстеження шпал після капітальних ремонтів залізничних колій Коксового цеха ПАТ «Запоріжжкокс» (та інших ділянках виробничих цехів) з метою зменшення витрат на утилізацію та можливістю повторного використання при проведенні поточних ремонтів колій з частковою заміною шпал.

Результати роботи можуть бути використані на ділянках роботи залізничного транспорту з метою економії витрат на обслуговування колій, та покращення технічного стану колій.

**ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ РУДНО-ГРЕЙФЕРНИХ  
ПЕРЕВАНТАЖУВАЧІВ В УМОВАХ ДОМЕННОГО ЦЕХУ  
ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Расторгуєв Д. Б.***

*електромонтер з ремонту та обслуговування  
електроустаткування, ДЦ, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є розробка системи сигналізації положення грейфера рудно-грейферного перевантажувача в умовах доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь».

На сьогоднішній день висоту підйому грейфера машиністи кранів оцінюють виключно візуально, знаходячись при цьому у кабіні на відстані від 1 до 20 метрів, і кожен зайвий метр підйому грейфера з матеріалом – це прямі втрати енергоресурсів. Пропонується встановлення кулачкового шляхового вимикача на валу барабана механізму підйому, а також блок індикації у кабіні машиніста.

Впровадження системи сигналізації положення грейфера дозволить не тільки зменшити час зайвої роботи механізмів підйому-замикання, тим самим економити електроенергію, а і зменшити вірогідність зіткнення грейфера з трансферкарами та їх контактною мережею.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ ХОВ,  
ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ НИЗЬКОГО / ВИСОКОГО  
РІВНЯ ХОВ В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Рекашов І. В.***

*слюсар з КВПтаА, УА,  
ПАТ «Запоріжсталь»  
м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є модернізація системи регулювання рівня ХОВ, технологічної сигналізації низького/високого рівня ХОВ в умовах ПАТ «Запоріжсталь». В свою чергу модернізована система дає 100 % гарантію безперервної, точної, безаварійної роботи системи.

Пропоную модернізувати систему вимірювання, регулювання та сигналізації рівня ХОВ на ХВО ТЕЦ ПАО «Запоріжсталь» шляхом становлення новітнього рівнеміра від німецької фірми, який вже зарекомендував себе як найнадійніший прилад цеху ТЕЦ.

Проект може бути реалізовано на одному баку ХОВ у період з березня по травень 2025 р. у подальшій перспективі може бути реалізовано на другому баку ХОВ.

**РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПРОСТОЇВ ВАГОНІВ  
ЗАГАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ НА КОЛІЯХ КОМБІНАТУ  
В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Рубан Д. Р.***

*начальник станції, ЦЕ УЗТ, ПАТ «Запоріжсталь»  
м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є впровадження електричного пристрою для закривання люків в напіввагонах на станції Східна для зменшення основного триггеру (простою вагонів)

та мінімізації витрат людино/годин і локомотива/годин для цієї операції.

Результати роботи дозволить пришвидшити закриття люків та значно скоротити час перебування вагонів на комбінаті.

**ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ЕКРАНІВ  
З МЕТОЮ МІНІМІЗАЦІЇ ВТРАТ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ  
ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ СЛЯБІВ ПО РОЛЬГАНГУ  
В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

*Слабій А. О.*

*оператор поста керування БТЛС 1680, ЦГП,  
ПАТ «Запоріжсталь»  
м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є зниження відсотку дефектної продукції через підвищенні тепловтрати при транспортуванні слябів між постами, та підвищення економічної ефективності процесу прокатки на стані БТЛС 1680 за умов ПАТ «Запоріжсталь». Для цього передбачається встановлення теплових екранів на відкритих секціях передаючого рольгангу між 1, 2, 3 постом та постом «видачі».

Конструкція теплових екранів являє собою сталевий двошаровий муфель легований молібденом, що дозволяє зменшити тепловтрати при транспортуванні слябів по рольгангу.

Результати роботи можуть бути використані на безперервному тонколистовому стані 1680 для зниження відсотку невідповідної продукції через недостатній нагрів.

**Перелік використаних джерел:**

1. <https://kmz-ua.com/molibdenoviy-list.html>

**АДАПТАЦІЯ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» ДО ВИМОГ  
СВАМ: ЕКОНОМІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ  
«ЗЕЛЕНОГО» ПЕРЕХОДУ**

**Тимошенко Д. О.**

*студент, група 136У-23-1м,*

*ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА"»*

*м. Запоріжжя, Україна*

«Запоріжсталь» один з ключових металургійних комбінатів України, стоїть на порозі серйозних змін. Вже у 2029 році, з закінченням терміну дії дозволів на викиди, підприємство буде змушене закрити мартенівське виробництво. Це призведе до повної зупинки сталеплавильних потужностей та переходу комбінату на формат роботи чавуноливарного заводу з обсягом товарного чавуну до 2–2,5 млн т/рік.

Такий сценарій матиме ряд негативних наслідків таких як – закриття мартенівського цеху потягне за собою зупинку прокатних потужностей, що суттєво знизить конкурентоспроможність комбінату та може спричинити масові звільнення працівників. Втрата ринків збуту виробництво лише чавуну суттєво обмежить можливості «Запоріжсталі» на ринку, особливо в контексті введення СВАМ. Економічна нестабільність зниження обсягів виробництва та втрата ринків збуту негативно вплинуть на фінансовий стан підприємства та його здатність до подальшого розвитку.

Введення ЄС вуглецевого податку СВАМ змушує «Запоріжсталь» модернізуватися, інакше експорт чавуну стане нерентабельним через високі викиди CO<sub>2</sub> та конкуренцію з «зеленою» сталлю європейських виробників.

Основною метою дослідження є модернізація виробництва, яка є єдиним вихідом для «Запоріжсталі». Поетапне впровадження комплексної програми модернізації виробництва, спрямованої на:

1. Заміну застарілих технологій: заміну мартенівських печей на сучасні електродугові печі, впровадження технології прямого відновлення заліза (DRI) з використанням водню.

2. Зниження залежності від викопного палива перехід на більш екологічні види енергії, впровадження енергоефективних технологій.

3. Виробництво «зеленої» сталі виробництво сталі з низьким вуглецевим слідом, яка буде конкурентоспроможною на європейському ринку.

4. Адаптацію до вимог СВМ забезпечення відповідності виробництва екологічним нормам ЄС.

Модернізація «Запоріжсталі» принесе такий ряд переваг як – екологічні, значне зниження викидів CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин, зменшення негативного впливу на довкілля. Економічні – виробництво високоякісної «зеленої» сталі, підвищення енергоефективності, зниження витрат, залучення інвестицій, збереження робочих місць. Технологічні – розширення сортаменту високо маржинальних сталей, підвищення конкурентоспроможності на світовому ринку.

У рамках дослідження було виконано:

1. У роботі проаналізовано екологічні та економічні ризики «Запоріжсталі» в умовах СВМ та проведено бенчмаркінг викидів CO<sub>2</sub> (рис. 1) для визначення оптимального варіанта модернізації.

2. Оцінку економічної ефективності, динаміку металопродукції при модернізації виробництва та маржинальність на ринку ГКР (рис. 2).

3. Розроблені конкретні стратегічні плани щодо впровадження інноваційних технологій, енергоефективних рішень та цифрових технологій на підприємстві.

Щоб модернізувати «Запоріжсталь» та вийти на високо маржинальні ринки ГКР та відповідати сучасним вимогам екології потрібно:

Замінити старі мартенівські печі на сучасні електродугові – це зменшить викиди CO<sub>2</sub> на 70 % та покращить якість чавуну.

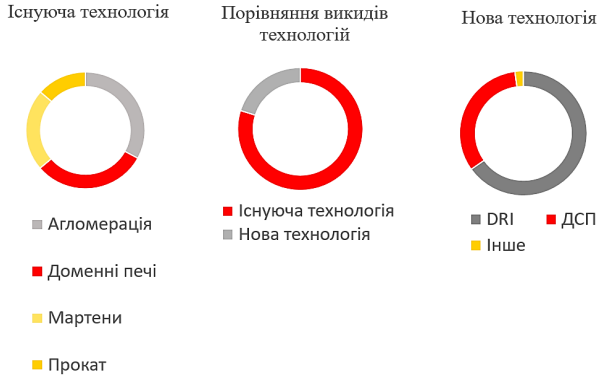


Рис. 1. Порівняльна діаграма викидів

Динаміка металопродукції при реінженірингу виробництва

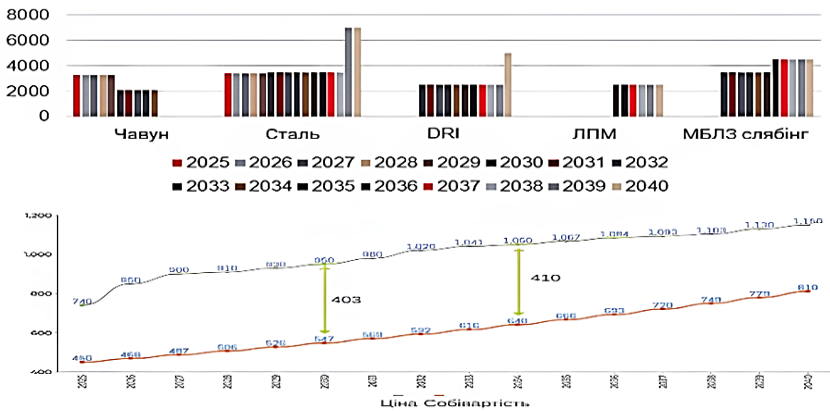


Рис. 2. Динаміка металопродукції та розрахунок маржинальності ГКР

Впровадити технологію DRI, яка дозволяє виробляти «зелений» чавун з використанням водню який буде задовольняти вимогам СВМ.

CAPEX проекту складає 10 млрд доларів, після повної модернізації «Запоріжсталі», потужність комбінату складатиме 7 млн тон

сталі на рік, що дозволить залишатися сильним та конкурентоспроможним гравцем на ринку металургії.

**УСТАНОВКА НАД ПЕРШОЮ СЕКЦІЄЮ КОНВЕЄРА МОТАЛОК  
БТЛС 1680 ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ПЕРШИХ  
ВИТКІВ РУЛОНУ З ПОДАЛЬШИМ ЇХ ОСАДЖЕННЯМ  
В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

**Чернов Д. Д.**

*вальцювальник БТЛС 1680, ЦГП, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є зниження додаткового витратного коефіцієнта металу та підвищення економічної ефективності процесу прокатки на стані БТЛС 1680 за умов ПАТ «Запоріжсталь». Для цього передбачається впровадити пристрій для охолодження та осадження перших витків на рулонах який буде встановлений безпосередньо над першою секцією конвеєра моталок 1–6.

Для встановлення пристрою розраховані оптимальні режими деформації, енергосилові параметри процесу та розрахунок економічної ефективності.

Результати роботи можуть бути використані на безперервному тонколистовому стані 1680 для зниження витратного коефіцієнта металу.

**Перелік використаних джерел:**

1. <https://utmk.com.ua/hot-rolled-sheet>
2. <https://airmarkets.com.ua/>

**ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ  
З ЖАРОМІЦНОГО СПЛАВУ, ОТРИМАНИХ  
ТРАДИЦІЙНИМИ ТА АДИТИВНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ**

***Біліонок Д. І.***

*інженер бюро УГМет, АТ «МОТОР СІЧ»*

***Шило В. Г.***

*начальник бюро УГМет, АТ «МОТОР СІЧ»*

***Педаш О. О.***

*начальник відділу УГМет, АТ «МОТОР СІЧ»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Адитивні технології стрімко впроваджуються у все більшу кількість галузей виробництва та машинобудування, зокрема і для виготовлення виробів із металевих порошків.

Жароміцний сплав Inconel 718 знайшов широке застосування при виробництві дисків та лопаток турбін з рівновісною структурою для авіаційних газотурбінних двигунів. Зміцнення сплаву досягається за рахунок повільного (тривалість старіння за стандартним режимом сягає 16–20 годин) виділення інтерметалідного з'єднання нікелю з титаном й ніобієм. Проте, через доволі високий рівень легування, в сплаві, зазвичай, спостерігається сегрегація легувальних елементів в межах дендритних комірок, внаслідок чого сплав Inconel 718 характеризується значною хімічною й структурною неоднорідністю.

Застосування методу селективного лазерного сплавлення (СЛС), як одного з різновидів адитивних технологій

виготовлення виробів, дозволяє суттєво знизити сегрегаційну неоднорідність матеріалу виробів з жароміцних сплавів, через сплавлення вихідних частинок мікропорошку, котрі, в свою чергу, при виготовленні кристалізуються з надвисокими швидкостями й характеризуються відсутністю ліквідаційної й зональної неоднорідності.

У даній роботі досліджували структуру та властивості зразків виготовлених з жароміцного сплаву Inconel 718 за технологією селективного лазерного сплавлення. Для оцінки можливості застосування вказаної технології для виготовлення деталей авіаційної техніки проводили порівняльне дослідження із зразками виготовленими традиційною гарячою деформацією (прокаткою) з того ж сплаву.

Результати дослідження свідчать, що після термічної обробки деформовані зразки характеризуються полієдричною будовою, а в SLM-зразках безпосередньо після виготовлення (побудови) наявні чітко вироджені зони пошарового сплавлення розміром  $\sim 100$  мкм.

Встановлено, що після термічної обробки зміцнення сплаву відбувається інтерметалідною фазою типу  $\gamma''$ -Ni<sub>3</sub>Nb, а також карбідами й фазою  $\gamma'$ ; виявлено також пластинчасту  $\delta$ -фазу й карбонітриди.

Результати механічних випробувань показують, що кращий комплекс властивостей отримано на зразках, що виготовлені за технологією селективного лазерного сплавлення. Деформований матеріал характеризувався більшими значеннями ударної в'язкості. Слід відмітити, що механічні властивості досліджуваних зразків, в цілому, відповідали вимогам нормативної документації. Значення часу до високотемпературного руйнування (показника, що, зазвичай, визначається при випробуваннях на тривалу міцність) перевищували значення отримані на деформованому матеріалі.

Результати випробувань на малоциклову втому дозволили побудувати криві у напівлогарифмічних координатах «напруження деформації – кількість циклів до руйнування», за якими

з достатньою достовірністю визначено раціональний рівень напружень для забезпечення заданого числа циклів до руйнування матеріалу дослідних варіантів.

Таким чином, за результатами проведених робіт встановлено, що технологія селективного лазерного сплавлення дозволяє отримувати вироби з рівнем механічних властивостей наближених до деформованого матеріалу, а в декотрих випадках й перевищуючи їх.

Результати втомних випробувань можуть бути використані при виконанні розрахунків на міцність при призначенні заданого ресурсу елементів газотурбінного двигуна.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ СПЕКТРОМЕТРУ “SPECTROMAXX” ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ СТАЛІ, ЧАВУНУ ТА МІДНИХ СПЛАВІВ**

***Буткевич В. С.***

*провідний інженер сталеплавильної експрес-лабораторії,  
ЦВАПК, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є впровадження спектрометру “SPECTROMAXx” для визначення хімічного складу сталі, чавуну, та мідних сплавів у зв’язку з орієнтацією на Європейський ринок збуту та переходом на сучасне аналітичне обладнання, яке використовується у всьому світі. Для забезпечення сучасних вимог конкурентоспроможності продукції необхідна акредитація лабораторії на міжнародному рівні. Тільки сучасне обладнання дозволяє отримати акредитацію лабораторії, що в подальшому дозволяє продавати продукцію на Європейському ринку.

Було проведено аналіз ринку сучасних спектрометрів та обрано спектрометр “SPECTROMAXx”, який задовольняє всім

вимогам сучасного виробництва. Проведено захист проєкту для ПКІ 2025.

У 2025 році спектрометр “СПЕКТРОМАХх” буде встановлений у сталеплавильній лабораторії ЦВАПК що дозволить пройти акредитацію на сучасні вимоги згідно зі стандартом ДСТУ ISO 17025.

**ВПРОВАДЖЕННЯ КОМПЛЕКСІВ ЗАХОДІВ  
ЩОДО ВИДАЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ КРАЙОК  
НА ГАРЯЧЕКАТАНОМУ ТОВАРНОМУ НЕТРАВЛЕНОМУ  
РУЛОНІ НА БТА-4 ЦХП В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

**Ємець Д. О.**

*електромонтер з ремонту та обслуговування  
електроустаткування, ЦХП, ПАТ «Запоріжсталь»*

**Тюна М. Р.**

*електромонтер з ремонту та обслуговування  
електроустаткування, ЦХП, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є впровадження комплексу заходів щодо видалення дефектів крайок на гарячекатаному товарному нетравленому рулоні на БТА-4 ЦХП в умовах ПАТ «Запоріжсталь». Для цього передбачається злив кислотного розчину з травильних ван. Змінити технологічний процес на етапі заливання кислотного розчину, що виключає можливість травлення рулонів.

Для видалення дефектів крайок підібрано більш оптимальний режим роботи агрегату.

Результати роботи можуть бути використані для підвищення якості продукції, зниження витратного коефіцієнту металу та кількості повернень від споживача гарячекатаного металу ЦХП.

**АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ  
БЕЗПЕРЕРВНОГО СТАНУ 1680 ЦГП ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»  
ТА ЗАПРОПОНОВАНІ ЗАХОДИ ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ  
ОБЛАДНАННЯ СТАНА**

***Косинській О. А.***

*оператор стану НТЛС «1680», ЦГП, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Основним робочим інструментом прокатних станів є валки. На всіх широкосмугових станах гарячої прокатки у світі приділяють велику увагу питанням роботи прокатних валків, особливо умовам їх експлуатації безпосередньо в клітках.

До робочих валків чистових клітей широкосмугових станів гарячої прокатки висуваються підвищені вимоги щодо забезпечення вузьких допусків за розмірами, високою планшетністю та профілю прокату, якісної смуг. Економічність використання прокатних валків багато в чому визначається їх здатністю забезпечувати високу продуктивність стану та широку послідовність прокатки різного сортаменту, високою надійністю та виправданою вартістю.

Враховуючи зростаючі вимоги світового та внутрішнього ринків до якості гарячекатаних смуг тверду тенденцію до збільшення частки тонких смуг у загальному обсязі виробництва, а також подальше значне збільшення на БТЛС-1680 виробництва рулонів масою до 16 тонн, питання експлуатації прокатних валків та підвищення їх напрацювань стають більш актуальними.

**Перелік використаних джерел:**

1. Данченко В. М., Гринкевич В. О., Головка О. М. Теорія процесів обробки металів тиском : підручник. Дніпропетровськ : ПОРОГИ, 2008. 370 с.
2. Василев Я. Д., Мінаєв О. А. Теорія поздовжньої прокатки : підручник. Донецьк : УНІТЕХ, 2009. 488 с.

3. Грудєв О. П., Машкін Л. Ф. Технологія прокатного виробництва. Київ : АРТ-Бізнес-Центр, 1994. 651 с.
4. Чекмарєв А. П. Калибровка прокатних валків. *Металлургия*. 1978. 460 с.
5. Попович В., Голубець В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : навчальний посібник. Суми : ВТД Університетська книга, 2020. 260 с.
6. Сорокин В. Г. Марочник сталей и сплавов. *Машиностроение*, 1989. 640 с.
7. Серєда Б. П. Обробка металів тиском : учб. посібник. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2005. 243 с.
8. Метєленко Н. Г., Двігун А. О., Борисєнко Т. М. Економіка підприємства : навчальний посібник. Тов «Юго-Восток, Лтд», 2008. 22 с.
9. Бойчик І. М. Економіка : навчальний посібник. Київ : Атіка, 2004. 180 с.

## **ВІДПРАЦЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УСУНЕННЯ ДЕФЕКТІВ НА ВИЛИВКАХ З ЖАРОМІЦНОГО НІКЕЛЕВОГО СПЛАВУ ВЖЛ12У-ВИ МЕТОДАМИ ЗВАРЮВАННЯ ТА ПАЯННЯ**

***Котов М. М.***

*інженер-технолог бюро зварювання, АТ «Мотор Січ»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Актуальною проблемою вітчизняного авіадвигунобудування є розробка високоефективних технологій ремонту жароміцних нікелевих сплавів методами зварювання. Жароміцні сплави в більшості випадків застосовуються для виготовлення деталей гарячої частини газового тракту двигуна, зокрема моноколес (блисків), соплових апаратів, статорних лопаток турбіни та ін. Як відомо, ливарні сплави в порівнянні з деформованими мають більшу структурну й хімічну неоднорідність у наслідок дендритної ліквіації, а також більш схильні до утворення гарячих

тріщин [1]. У цьому зв'язку, актуальним стає завдання по пошуку оптимальної технології ремонту деталей з жароміцних сплавів методами зварювання.

Ціль роботи – відпрацювання оптимальної технології ремонту литих заготовок деталей з жароміцного нікелевого сплаву ВЖЛ12У-ВИ із застосуванням аргоно-дугового зварювання та паяння.

Об'єктом дослідження було обране колесо турбіни авіаційного двигуна. Матеріал деталі – жароміцний ливарний сплав ВЖЛ12У-ВИ. В процесі лиття, на певних ділянках деталі утворюються неприпустимі по технічним умовам дефекти у вигляді рихлоти, пор, тріщин і раковин. Відсутність технології ремонту таких дефектів знижує кількість виходу придатних деталей на 15–20 %. Як правило дефекти розташовуються в радіусах переходу від обода диска до лопатки, на лопатках з боку спинки або корита, на вхідній або вихідній крайці, а також по торцю пера лопаток. Беручи до уваги жорсткість конструкції моноколеса турбіни і відсутність напрямку для «виходу» виникаючих зварювальних напруг, усунення дефектів зварюванням у тій або іншій області вимагає індивідуального підходу.

Для зниження схильності до утворення тріщин при зварюванні жароміцних нікелевих сплавів рекомендується застосування присадних дротів з гомогенних сплавів, зокрема зварювального дроту ЕП-367 [2]. Це пов'язане з тим, що при зварюванні такими присадками метал шва має більш низьку жароміцність і релаксаційну стійкість, ніж основний метал, що створює умови для переважної релаксації залишкових і об'ємних напруг у більшому об'ємі більш пластичного металу в порівнянні з більш жароміцною біляшовною зоною [2].

Усунення дефектів на дослідній деталі виконували методом аргоно-дугового зварювання. Неруйнуючий контроль проникаючими речовинами проводили до і після термічної обробки деталі по режиму гомогенізації: нагрівання до  $T=1210\pm 10$  °С, час витримки – 4 години.

Результати контролю показали, що в місцях заварки крайових дефектів, розташованих по торцю лопатки або на крайці пера лінійні світіння люмінофора відсутні. За результатами контролю місць усунення дефектів у радіусах переходу від обода диска до лопатки, на спинці або кориті лопатки виявлені дефекти у вигляді тріщин. Металографічним дослідженням встановлено, що виявлені тріщини є тріщинами напруги. Повторне усунення дефектів проводили методом паяння припоєм ВПр 24.

Таким чином, у ході проведення дослідних робіт вибрана оптимальна технологія усунення дефектів лиття в крайових зонах моноколеса турбіни з жароміцного нікелевого сплаву ВЖЛ12 У-ВИ аргано-дуговим зварюванням. Усунення дефектів у зонах з підвищеною жорсткістю (диск, радіуси переходу, спинка, корито пера лопатки) пропонується виконувати методом паяння припоєм ВПр 24. Впровадження запропонованої технології ремонту дозволило підвищити якість виготовлення деталей і скоротити кількість браку до рівня 5–7 %.

#### **Перелік використаних джерел:**

1. Yahui Han, Changsheng Li, Jinyi Ren, Chunlin Qiu, Yongqiang Zhang, Jiayou Wang “Dendrite Segregation Changes in High Temperature Homogenization Process of As-cast H13 Steel”, ISIJ International, v. 59, i. 10, p. 1893–1900, 2019.
2. Chin-Chun Hsieh “Hot Cracking Susceptibility of 800H and 825 Nickel-Base Superalloys during Welding via Spot Varcstraint Test”, Journal of Material Research, v. 2, i. 1, p. 19–29, 2019.

## **СТВОРЕННЯ НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЖЕРСТІ В ЦХП**

***Макаренко В. А.***

*інженер-технолог 1 категорії, Центр з випробувань  
та атестації продукції комбінату, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

До 2024 року виготовлення жерсті по діючій технології відбувалось у відділенні жерсті ЦХП. Дана технологія передбачала такі технологічні операції: травлення, холодну прокатку на стані Тандем або 1200, поздовжній розпуск нагартованих рулонів на АПР-5 або «Зундвіг», потім рулони передавались у відділення жерсті, де відбувалась повторна холодна прокатка на стані «Тандем 650» на задану товщину, обробка на дискових ножицях, знежирення, термічна обробка в електричних ковпакових печах та дресування. В результаті спостерігались значні витрати енергоресурсів на усіх переділах, довгий технологічний шлях та значна кількість претензій від ключових клієнтів (6,8 % від відвантаженого прокату) по корозії із-за близького розташування відділення жерсті та БТА-4.

З метою вдосконалення технології виготовлення жерсті в умовах діючого обладнання ЦХП через основні відділення та покращення якості була розроблена нова технологія, завдяки якій вдалось уникнути усі технологічні операції у відділенні жерсті ЦХП. Для мінімізації міцнісних властивостей був обмежений хімічний склад таких плавок, розроблені режими змотування в ЦГП, розроблені нові режими холодної прокатки, відпалу та дресування. Завдяки цьому вдалося скоротити кількість технологічних переділів до 5 замість 8 (травлення, холодна прокатка на реверсивному стані «1200» на кінцеву товщину 0,28 мм, відпал в газових ковпакових печах, дресування на стані 1700-2 і поздовжній розпуск на «Зундвіг»), суттєво підвищити якість прокату за рахунок уникнення претензій по корозії (знижити їх

у 18 разів до 0,38 %) жерсті та знизити собівартість жерсті за рахунок економії енергоресурсів та відпалу у газових печах замість електричних. Висока якість прокату вже підтверджена споживачами та повністю їх задовольняє.

Економічний ефект від впровадження нової технології виготовлення жерсті склав 1,9 млн грн/рік. І найголовніше, в умовах війни (коли наприкінці грудня 2023 року в результаті ракетного обстрілу було пошкоджено обладнання термічної ділянки та зруйновано дах відділення жерсті, що зробило на деякий час неможливим виготовлення жерсті за старою технологією) вдалося зберегти виготовлення даної продукції і не втратити ключових клієнтів.

### **ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НА РЕВЕРСИВНОМУ ПРОКАТНОМУ СТАНІ 1680 В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Мошенков Д. С.***

*електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування  
та електроприводів, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою цієї роботи є підвищення продуктивності реверсивного прокатного стану 1680 за рахунок збільшення швидкості прокатки до паспортних значень. Для цього пропонується впровадження тиристорних збудників бустерів лівої та правої моталок для підтримання заданих натягів при максимальній робочій швидкості прокатки повновагових рулонів до 15 тон.

Результати роботи можуть бути використані на реверсивному прокатному стані холодної прокатки 1680 для підвищення продуктивності.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ПОЛОМОК ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ ЛИСТОВИХ СТАНІВ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЯКОСТІ**

***Нізяєва К. В.***

*начальник лабораторії, Центр з випробувань  
та атестації продукції комбінату, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є аналіз причин руйнування чавунних валків, а саме передчасного руйнування трєфів (шийок) валків.

Проаналізовано якість металу зруйнованих валків декількох постачальників на комбінат ПАТ «Запоріжсталь».

Запропоновані рекомендації до вимог якості мікроструктури трєфів валків, які пропонуються додати до «Технічного завдання на постачання робочих та опорних валків прокатних та дресировальних станів ПАТ «Запоріжсталь».

Результати роботи дають змогу комбінату на закупівлю якісних прокатних валків, гарантують їх надійність та підвищують строк експлуатації.

### **Перелік використаних джерел:**

1. Будаг'янець Н. А., Карський В. Е. Литі прокатні валки. Металургія, 1983. 172 с.
2. Прокатні валки. Валки для прокатних станів : електронний ресурс. URL: <https://stellite-pars>
3. Гулідів И. Н. Устаткування прокатних цехів (експлуатація, надійність) : навч. посіб. для студентів серед. спец. завід. Інтернет Інжиніринг, 2004. 320 с.
4. Стаття з інтернет джерела – Case Studies in Engineering Failure Analysis 1 (2013), 186–191.
5. Інтернет джерело – <https://ppt-online.org/526140>
6. Безнос М. П. Повалка великосортних і рельсоболочних станів. Металургія. 1966.
7. ДСТУ ГОСТ 3443-87 «Отливки из чугуна с различной формой графита».

## **ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗМОТУВАННЯ Г\К СМУГ НА БТЛС-1680 В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Новічков Д. С.***

*оператор стану гарячої прокатки, ЦГП, ПАТ «Запоріжсталь»  
м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є удосконалення змотування смуги на БТЛС-1680, в умовах ПАТ «Запоріжсталь», за рахунок видозмінення змінних вставок пенвмомеханічних лінійок моталок 1–3. Для цього передбачається впровадити вставки із фрезерованими горизонтальними прорізами, для кращого утримання смуги в лінійках.

Результати роботи можуть бути використані на БТЛС-1680, для зниження втрат металу на обріз, а також зниження відсотку НП з причини завороту кромки.

## **РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОКАТКИ НА РЕВЕРСИВНОМУ СТАНІ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ 1200 В УМОВАХ ЦХП ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Попов Д. В.***

*вальцювальник стану НТЛС 1680, ЦГП, ПАТ «Запоріжсталь»  
м. Запоріжжя, Україна*

Варто відмітити що реверсивний стан 1200 було введено в експлуатація у 1956 року, це значить що на стані встановлено механічний натискний пристрій, а також немає автоматичної системи корегування параметрів прокатки. Недолік являє собою недостатньо точну установку міжвалкового зазору, що приводить до такого дефекту як різнотовщинність.

Також застаріле обладнання має наступні недоліки Існуюча емульсійна система на стані малопотужна, витрата емульсії

склад 260 м<sup>3</sup>/г у результаті чого через перегрів валків не забезпечується проектна швидкість прокатки 10 м/с. Також це призводить до появи таких дефектів як коробуватість та хвилястість

Пропонується реконструювати емульсійну систему стану з метою забезпечення витрати емульсії на стан 700–800 м<sup>3</sup>/г. У свою чергу це дозволить підвищити продуктивність стану і поліпшенню якості прокату.

Підмотка рулонів при пориві зварного шва або прокатці оди-нарних рулонів проводиться на малій швидкості 0,5 м/с, що при-водить до зменшення продуктивності стану.

Для підвищення продуктивності стану за рахунок підви-щення швидкості заправки смуги до 1,5–2 м/с пропонується встановити захлещувач для заправки смуги у барабан моталки. Також це дозволяю виключить ручну працю оператора моталки, і виключить можливість отримання травми на цій ділянці тех-нологічної операції.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КАЛОРИЙНОСТІ КОКСО-ДОМЕННО-ПРИРОДНОЇ ГАЗОВОЇ СУМІШІ ДЛЯ ЗАПАЛЮВАННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ**

**Фещенко І. О.**

*провідний інженер, АЦ, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Оптимізація використання вартісних енергоресурсів є однією з провідних цілей програми операційних поліпшень ПАТ «Запоріжсталь». До прикладу, ціна природного газу для під-приємства на протязі останнього часу була у 9–10 разів вищою, ніж вартість доменного газу власного виробництва, отже акту-альними є дослідження з визначення оптимальної калорійності коксо-доменно-природної суміші для запалювання агломераційної

шихти без зниження продуктивності, якісних характеристик та дотримання технології виробництва агломерату.

З цією метою у агломераційному цеху у три етапи успішно проведено дослідно-промислові випробування, результати яких вже впроваджено у виробництво. В рамках випробувань встановлено що для максимального ефективного використання доменного газу у структурі змішаного газу та зменшення відсотку природного газу оптимальним є зниження загальної калорійності суміші для запалювання агломераційної шихти з 2450 ккал/м<sup>3</sup> до 2250 ккал/м<sup>3</sup>, що дозволило зменшити загальний відсоток природного газу у складі суміші з 49,06 % (45,24 % КГ+3,82 % ПГ) до 47,31 % (47,31 КГ+0 % ПГ) та збільшити відсоток доменного газу з 50,93 % до 52,68 %.

Під час дослідження запалювання шихти відбувалось у повному об'ємі, обриву полум'я горілок горну не зафіксовано, основні параметри якості агломерату та роботи агломашин (швидкість агломашин, температура газів, що відходять, розрідження у колекторі) на всіх етапах випробувань відповідали вимогам СТП. Економічний ефект результатів дослідження від часу його впровадження вже становить більш, ніж 0,5 мільйона доларів.

## **ЗАХОДИ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗМОТУВАННЯ НТЛС 1680 ЦГП**

***Шевчук О. Ю.***

*оператор стану гарячої прокатки НТЛС-1680,*

*ЦГП, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

На даний момент однією з причин утворення невідповідної продукції є дефект завороту кромки, утворення якого

відбувається через розкидання витків при зміщенні смуги в тягнучих роликах, при смотці.

Причини утворення зміщення смуги різні, але наслідок їх завжди один-розкид витків. Для усунення, та моніторингу даного дефекту пропонується захід, спрямований на зміну та коригування зазору роликів моталок.

Можливість дистанційного (роздільного) керування зазором між тягнучими роликами, дозволить забезпечити оперативне реагування на зміну якості змотування смуг без зупинки моталок.

Результати роботи можуть бути використані на моталках стану НТЛС.

## **РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАКРИТТЯ ЗАПІРНИХ ПРИСТРОЇВ НЕСПРАВНИХ ЛЮКІВ НАПІВВАГОНІВ В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Шенній В. Г.***

*машиніст тепловозу, ЦЕ УЗТ, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є впровадження ручного гідравлічного інструменту для закриття завірних пристроїв в несправних напіввагонах, а також в період мінусових температур люків що мають намерзання вантажу, льоду по кромці, навантажених вагонів з одним відкритим завірним пристроєм, які не можливо закрити стандартним методом.

Для закриття завірних пристроїв несправних, забруднених люків, завірних пристроїв в навантажених напіввагонах пропонується використовувати ручний гідравлічний інструмент.

Результати роботи дозволить закривати завірні пристрої на паркових коліях станцій без маневрової роботи по постановці

на ремонтні позиції, залучення ремонтного персоналу і в цілому зменшить час простою вагонів ЗМП.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАНШЕТНОСТІ ГАРЯЧЕКАТАНОЇ СМУГИ НА БТЛС-1680 В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Щербак А. Є.***

*оператор стану гарячої прокатки, ЦГП, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є удосконалення планшетності смуги на БТЛС-1680, в умовах ПАТ «Запоріжсталь», за рахунок встановлення додаткового противигину на кліті № 7 чистової групи. Для цього передбачається впровадити систему додаткового вигину з метою зменшення діапазону поперечної різнотовщинності смуг, при цьому покращиться площинність і знизяться втрати металу на обріз.

Результати роботи можуть бути використані на БТЛС-1680, для розширення сортаменту і зниження втрат металу на обріз.

### **АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАКРИТТЯ МОСТУ НА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» ТА ЇЇ ВПЛИВ НА БЕЗПЕКУ ПРАЦІВНИКІВ**

*Балута Д. Ю.*

*фахівець 1 категорії, Відділ охорони праці, ПАТ «Запоріжсталь»  
м. Запоріжжя, Україна*

Проблема закриття мосту на ПАТ «Запоріжсталь» є надзвичайно актуальною, оскільки він не лише забезпечує доступ до підприємства, а й відіграє ключову роль у безпеці працівників. Мета нашого дослідження – аналіз ситуації, визначення ризиків і розробка рекомендацій для покращення безпеки.

У ході роботи було здійснено аналіз поточної ситуації щодо використання закритого мосту, вивчено дотримання інструкцій з охорони праці та виявлено основні ризики, пов'язані з його використанням. Зібрані дані дозволили сформулювати конкретні пропозиції щодо покращення безпеки на підприємстві.

Дослідження показало, що закриття мосту призводить до серйозних порушень, що негативно впливають на безпеку працівників. Зафіксовано збільшення часу на дорогу, що призводить до підвищеного стресу та зниження продуктивності. Запропоновані альтернативні маршрути та варіанти відновлення мосту можуть суттєво покращити ситуацію.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ  
РУХУ ПРИ РОБОТІ ЕЛЕКТРОШТОВХАЧА ВАГОНІВ  
ВАГОНОПЕРЕКИДАЧА № 2 В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖКОКС»**

***Новодворський О. Г.***

*диспетчер району, ЦЕ УЗТ, ПАТ «Запоріжсталь»*

***Годун Є. А.***

*помічник машиніста тепловозу, ЦЕ УЗТ, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є вдосконалення забезпечення безпеки руху при роботі електроштовхача в місті перетину залізничних колій та автошляхів, впровадження технології промислового відеоспостереження на ділянці роботи вагоноперекидача № 2 Вуглепідготовчого цеху ПАТ «Запоріжжкокс».

Передбачається впровадити систему додаткового відеоспостереження руху електроштовхача та сигналізації на залізничному переїзді № 3 станції Заводська ПАТ «Запоріжжкокс», з виводом на пульт управління В/П № 2 для можливості спостереження і контролю оператором безпеки руху при роботі електроштовхача вагонів.

Результати роботи можуть бути використані на ділянках роботи рухомого обладнання з метою покращення вимог охорони праці.

## **ВСТАНОВЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ УКРИТТІВ НА ЗУПИНКАХ КОРПОРАТИВНОГО ТРАНСПОРТУ ТА БІЛЯ ВІДДАЛЕНИХ РОБОЧИХ МІСЦЬ**

***Грюков Д. В.***

*начальник району, ЦЕ УЗТ, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є забезпечення безпеки працівників комбінату підчас ракетних обстрілів та авіаційних ударів крилатими авіа бомбами (КАБ) по території нашого підприємства.

Крилаті авіа бомби від пускових рубежів до нашого міста долітають за 4 хвилини, а бомбосховища від деяких місць роботи знаходяться на відстані 1 км та більше, таку відстань людина проходить за 10 хв та більше. Для цього пропонується встановлення мобільних укриттів двох типів: на зупинках корпоративного транспорту – залізобетонні модульні укриття які вміщують до 22 осіб (Honor 4M+), біля віддалених робочих місць – композитні захисні укриття до 7 осіб (Sota 7 Nova). Встановивши мобільні укриття на віддалених ділянках та зупинках корпоративного транспорту ми зменшимо ризик травмування та загибелі співробітників від ворожих атак.

Результатом даних заходів буде покращення безпеки працівників у галузі охорони праці.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ДОДАТКОВОГО ОСВІТЛЕННЯ НА БУНКЕРНІЙ ЕСТАКАДІ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Муренець Д. В.***

*помічник машиніста тепловоза, ЦЕ УЗТ,*

*ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є забезпечення безпеки персоналу при взаємодії з залізничним транспортом.

При обслуговуванні естакади бункерів Доменного цеху використовується залізничний транспорт для забезпечення сировиною Доменних печей. Під час маневрової роботи залізничним транспортом, вивантаження та обробки вагонів з'являється велика кількість пилу який заважає огляду маршруту (вільність колії) локомотивним бригадам, що в свою чергу підвищує ризик травмування робітників та браку в маневровій роботі та зриву процесу виробництва.

Пропонуємо для забезпечення безпеки працівників УЗТ, Доменного цеху та підрядних організацій встановити додаткові світлодіодні прожектори, що забезпечить достатнє освітлення.

## **ОПОВІЩЕННЯ ЛЮДЕЙ У НЕБЕЗПЕЧНІЙ ЗОНІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ДУШОРОВАННЯ ТА ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАГОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КАБЕСТАНУ**

***Нечет О. Є.***

*заступник начальника Мартенівського району,*

*ЦЕ УЗТ, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є впровадження технології звукового оповіщення на ділянках з підвищеною небезпекою під час виробничих процесів. Для цього пропонуємо запровадити світло-звукову сигналізацію на ділянках душеровки складів після розливання рідкої сталі, при зниженні температури навколишнього середовища на ділянці утворюється велика кількість пари від температури води та піддона через що можна не відразу зрозуміти про початок небезпечних робіт та зайти до зони робіт з підвищеною небезпекою. В цьому випадку робітник може отримати шкоду для здоров'я (опіки, травми, тощо). Та на ділянці переміщення вагонів за допомогою лебідки, де не огорожені зони їх переміщення.

При подаванні світло-звукових сигналів підвищиться концентрація та увага працівників в цій зоні.

Результати роботи можуть бути використані на інших ділянках де виконується переміщення рухомого складу за допомогою лебідки та скидання температури за допомогою води.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦИКЛОНУ ТА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИСТКИ**

*Подобний А. Д.*

*студент, група 183-22-1,*

*ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА"»*

*м. Запоріжжя, Україна*

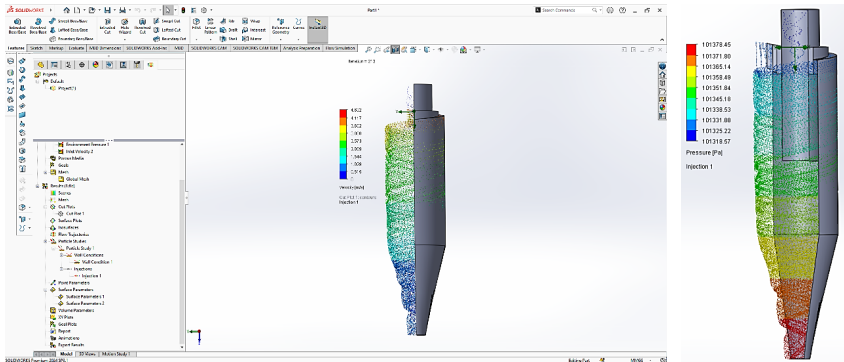
Доволі часто в аспіраційних системах на підприємствах для попереднього очищення повітря використовують циклони. Дане основне устаткування першої ступені очистки газів від пилу можуть застосовуватись як індивідуально, так і групами. Ефективність газоочищення в циклонах, як правило, невисока і не перевищує 97 % [1–2]. Тому прискорення підбору типорозмірів циклонів для певних виробничих умов та перевірка ефективності уловлення ними пилу шляхом порівняння розрахованих значень з даними моделювання в середовищі SolidWorks Simulation є актуальним науково-практичним завданням.

Метою роботи є перевірка ефективності експлуатації підбраної моделі установки очистки газу (ГОУ), на прикладі циклону, шляхом визначення її основних параметрів та подальшого моделювання процесу очистки газопилового потоку за допомогою SolidWorks Simulation.

Розрахунок та підбір типорозміру циклону виконано за стандартним розрахунковим алгоритмом [2–4]. За умовними вихідними даними (витрата газу 14 000 м<sup>3</sup>/год, запиленість газу на вході 3 г/м<sup>3</sup>) розрахунково визначені: втрати тиску в циклоні  $\Delta P=1524$  Па; коефіцієнт гідравлічного опору циклону  $\xi_{\text{ц}}=186,7$ ; загальна ефективність вловлювання частинок в циклоні  $\eta=92,6$  %. На підставі виконаних розрахунків, підбрано типорозмір циклону ЦН-15-1200П.

Наразі поширення набувають різні комп'ютерні САД пакети, що базуються на математичних моделях та дозволяють швидко візуалізувати пилогазові потоки. За допомогою програми

SolidWorks побудовано циклон з відповідними основними параметрами (рис. 1). Зокрема співвідношення кількості частинок пилу, які надійшли у бункер, до їх первинної кількості складала 96,5 %. Таким чином, ефективність пиловловлювання підтверджена шляхом моделювання в програмі SolidWorks Simulation руху запиленого повітряного потоку.



а

б

**Рис. 1. Траєкторії руху потоків та розподіл їх швидкості і тиску в перерізі циклона 3D**

У роботі виконано аналіз ефективності уловлювання пилу в циклоні шляхом порівняння розрахунково визначеної ефективності уловлення пилу для підбраного за типорозмірами циклону (92,6 %) та даними моделювання його роботи (96,5 %). Також виявлено зменшення часу на оцінку ефективності роботи циклону за рахунок моделювання відповідного ГОУ в програмі SolidWorks Simulation.

Дана робота свідчить про можливості оптимізації рішень з моделювання геометричних розмірів циклону та його робочих характеристик, зокрема розподілу потоків під час експлуатації.

#### **Перелік використаних джерел:**

1. Проскуріна І.В. Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище від пилових викидів металургійної

- промисловості [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01 / Проскуріна Ірина Валеріївна ; Сум. держ. ун-т. Суми, 2011. 20 с.
2. Куц В.П. Науково-практичні основи створення високоефективного пилоочисного обладнання комбінованої дії : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.08 / Куц Віктор Петрович ; Нац. ун-т «Львів. Політехніка». Львів, 2015. 40 с.
  3. Технологія та обладнання захисту атмосфери : методичні вказівки до виконання курсових проєктів / укл. О. І. Іваненко. Київ : ТОВ «Інфодрук», 2012. 107 с.
  4. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери : навчальний посібник / Л. І. Северин, В. Г. Петрук, І. І. Безвозюк, І. В. Васильківський. Вінниця : ВНТУ, 2012. 388 с.

## **ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОТРУЙНОГО ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ ТА ЕКОНОМІЇ ЗМІШАНОГО ГАЗУ ШЛЯХОМ КОНТРОЛЮ ПОВНОТИ ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА НА НАГРІВАЛЬНИХ КОЛОДЯЗЯХ НА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

***Покрепов О. В.***

*слюсар КВП та А, Відділ управління автоматизації,*

*ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Метою роботи є удосконалення технології роботи нагрівальних колодязів системи змішування «газ-повітря» шляхом встановлення системи контролю та корегування «газ-повітря» на нагрівальних колодязях ПАТ «Запоріжсталь». Для цього передбачається впровадити систему оцінки повноти згоряння палива з метою зменшення викидів оксиду вуглецю та економії використуваних газів шляхом контролю повноти згоряння.

Для поліпшення технології роботи системи змішування «газ-повітря» буде використовуватися система контролю

та корегування «газ-повітря» яка аналізує відхідні гази та складена з широкосмугового датчику надлишку кисню та приладу МІК-51 в якому розраховуються оптимальні показники співвідношення розходу палива яке вплине на зменшення викидів отруйного оксиду вуглецю і втрат палива за рахунок оптимального режиму згоряння палива.

Результати роботи можуть бути використані на нагрівальних колодязях цеху гарячого прокату для зменшення викидів отруйного оксиду вуглецю і зниження втрат палива.

**Перелік використаних джерел:**

1. Набока В. И., Коломієць Д. Н. Нагрівання злитків в нагрівальних колодязях обтискного цеху і слябів в методичних печах ЦГПТЛ вуглецевих, низьколегованих і високовуглецевих марок сталі. Запоріжжя : Запоріжсталь, 2016.
2. Кучеренко В. В. Основи теплотехніки та промислових нагрівальних печей. Київ : Наукова думка, 2015.
3. Гончаренко П. С. Теплотехнічні процеси у металургії України. Дніпро : Дніпровський національний університет, 2018.
4. Іванов А. П., Петров В. С. Технології теплового обладнання в металургії. Металургія, 2019.
5. Беляков В. В., Попов С. В. Енергозбереження у теплових установках. Енергоатоміздат, 2018.
6. Попов І. А. Теорія горіння газів та сумішей. Енергоатоміздат, 2019.
7. Соколов Є. Я. Калорійність і теплоємність газоподібного палива. Наука, 2019.
8. Технічний посібник та керівництво з експлуатації приладу.

## ОГЛЯД МЕТОДІВ СКОРОЧЕННЯ ВИНЕСЕННЯ ПИЛУ З ПОВЕРХОНЬ ХВОСТОСХОВИЩ

**Тішина В. М.**

*студентка магістратури, група 183-23-1м,  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Забруднення повітря пилом, що піднімається з поверхонь хвостосховищ, є однією з найважливіших екологічних проблем для промислових регіонів, таких як Криворізький басейн. Пил із хвостосховищ негативно впливає на здоров'я людей та стан природного середовища, може спричиняти респіраторні хвороби, алергії та інші недуги, тому необхідне впровадження надійних методів для стабілізації пилових поверхонь.

Хвостосховища є інженерними спорудами, призначеними для складування та зберігання відходів збагачення корисних копалин. Вони часто мають великий об'єм, відкриті поверхні та значну висоту дамб, що сприяє поширенню пилу при сильному вітрі та високій температурі. Основними факторами, що впливають на пилоутворення, є кліматичні умови, фізико-хімічні властивості хвостів, а також структура і рельєф поверхні. Різні методи скорочення пилового винесення враховують ці особливості та застосовуються з урахуванням специфіки кожного хвостосховища.

Серед основних методів скорочення пилоутворення виділяються хімічні, біологічні та фізико-механічні підходи. Хімічні методи передбачають застосування різних хімічних речовин, які утворюють захисний шар на поверхні, запобігаючи винесенню пилу. Одним з таких методів є використання полімерних розчинів [3]. Полімери (акрилати, латекси) розчиняються у воді або органічних розчинниках та наносяться на поверхню хвостосховища за допомогою розпилувачів. Після висихання полімер утворює тонкий, але міцний шар, який утримує пил

на місці. Полімерні розчини характеризуються швидким ефектом та доступністю, проте їх дія обмежена за часом та залежить від погодних умов. Бітумні емульсії, як ще один хімічний метод, утворюють надійний захисний шар, стійкий до атмосферних впливів, зокрема дощу, сонця та вітру [2]. Цей метод досить ефективний, але також є витратним, а утилізація бітумних матеріалів може призвести до екологічних проблем.

Біологічні методи включають використання рослинного покриву для природного закріплення пилових поверхонь. Для рекультиватії поверхонь хвостосховищ використовують рослини, що можуть рости в умовах обмеженої вологості та бідного ґрунту [4]. Перевагами біологічних методів є екологічна безпека та тривалий ефект після повного укорінення рослин, але цей процес потребує значних ресурсів на підтримку рослинного покриву, особливо в період росту. Мульчування є ще одним біологічним методом, який полягає в покритті ґрунту органічними чи неорганічними матеріалами (солома, тирса або полімерні матеріали) [1]. Мульча зберігає вологу, захищає ґрунт від ерозії та сприяє росту рослин. Хоча мульчування є ефективним способом збереження вологи і захисту поверхні, воно потребує постійного оновлення, що підвищує загальну вартість методу.

Фізико-механічні методи також знайшли широке застосування для стабілізації пилових поверхонь хвостосховищ. Геотекстиль, який використовується для стабілізації ґрунтів, є синтетичним матеріалом, що укладається на поверхню хвостосховища і ефективно запобігає ерозії. Він має високу міцність і довговічність, але його вартість є значною, а для монтажу потрібні спеціальні навички та обладнання [2]. Альтернативним методом є гравійне покриття, яке захищає поверхню від ерозії і зменшує пиловиділення. Гравій легко наноситься і забезпечує тривалий захист, але є менш ефективним у порівнянні з геотекстилем та іншими синтетичними матеріалами.

Таким чином, основні методи скорочення пилового винесення з поверхонь хвостосховищ включають хімічні, біологічні та фізико-механічні підходи, кожен з яких має свої переваги

та недоліки. Вибір методу залежить від особливостей хвостосховища, кліматичних умов, ресурсів та екологічних вимог. Використання комбінації методів, таких як хімічні стабілізатори, рослинний покрив та мульчування, забезпечує найбільш ефективний підхід до скорочення пилоутворення, що сприяє захисту довкілля та підвищує рівень екологічної безпеки промислових регіонів.

**Перелік використаних джерел:**

1. Домнічев М. В., Нестеренко О. В., Близнюкова О. Ю. Мульчування техногенних поверхонь для зменшення пилотворення. *Technical research and development* : collective monograph. 2021. С. 470.
2. Закріплення поверхонь хвостосховищ для пилопригнічення техноземів, забруднених промисловими відходами, способом вирощування сільськогосподарських культур, стійких до повітряної та ґрунтової посухи в умовах гострого дефіциту рухомих форм поживних речовин : науково-практичний посібник / С. М. Крамарьов, Л. П. Бандура, В. В. Гулін, В. М. Гулін. Дніпро : ТОВ підприємство «Дріант», 2020. 57 с.
3. Пашков А. П., Єсипенко А. С. Аналіз та критерії вибору під час розробки природоохоронних заходів на призупинених та припинених кар'єрах України. *Наукові розробки*. 2010. № 5. С. 7–14.
4. Тишук В. Ю. Закріплення пильних поверхонь на гірничих підприємствах з використанням біотехнологій. *Вісник Криворізького національного університету*. 2014. Вип. 37. С. 79–84.

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦІВНИКІВ, ЗАДІЯНИХ  
У ПРОЦЕСІ БЕЗПЕРЕРВНОГО ВИРОБНИЦТВА,  
ДОДАТКОВИМИ ТУРНІКЕТАМИ (ПРАВИЛО ТРИКУТНИКА)  
НА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

**Чернишов В. М.**

*провідний фахівець з ОП, ПАТ «Запоріжсталь»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Основна мета цієї роботи – підвищення безпеки працівників, зайнятих на підприємствах з підвищеним ризиком травмування внаслідок бойових дій (артилерійських, ракетних, бомбових обстрілів). В умовах таких обстрілів, навіть за наявності бронежилета і каски, кінцівки (руки і ноги) залишаються вразливими. Осколкові ураження кінцівок супроводжуються сильним артеріальним або венозним кровотечею, яке без своєчасної допомоги може призвести до смерті від втрати крові.

Практична цінність запропонованих змін полягає у збільшенні доступних засобів першої допомоги.

Подібні зміни можуть значно знизити рівень смертності та скоротити витрати на лікування і реабілітацію працівників.

## QUALITY ASSURANCE OF CAST FERTILIZER NICKEL ALLOYS

***Bilionok D. I.***

*PhD student, National University "Zaporizhzhia Polytechnic"*

***Tomkin D. O.***

*PhD student, National University "Zaporizhzhia Polytechnic"*

***Naumyk O. O.***

*PhD student, National University "Zaporizhzhia Polytechnic"*

***Pedash O. O.***

*PhD, Devison chief in chief of metallurgical engineers department,  
JSC "Motor Sich"*

***Naumyk V. V.***

*Doctor of Technical Sciences, Professor,  
National University "Zaporizhzhia Polytechnic"  
Zaporizhzhia, Ukraine*

Cast heat-resistant nickel alloys are widely used in aircraft gas turbine engines and ground installations. The high level of heat resistance of these alloys is due to the  $\gamma'$ -phase – a solid solution based on the intermetallic compound  $\text{Ni}_3\text{Al}$ , the particles of which create reliable obstacles for the sliding and creeping of dislocations in conditions of high-temperature creep. Its main part is formed during the decomposition of a saturated solid solution [1–5].

With multicomponent alloying in the  $\gamma'$ -phase, nickel atoms replace chemical elements, in the following order of decreasing ability: cobalt, iron, chromium, molybdenum, tungsten.

The probability of substitution of aluminum atoms increases in the following order: chromium, molybdenum, tungsten and is maximal for titanium, hafnium, and tantalum [5].

In heat-resistant nickel alloys, the content of the main elements Ti and Al, which form the  $\gamma$ -phase, is at the level: Ti+Al – about 4–8% [1–3].

CALPHAD (JMatPro) calculations of nickel heat-resistant alloys were carried out: VH4L-VI, EP693, ZhC3LC, ZhC3DK-VI, ZhC6K-VI, ZhC6U-VI, showed the dependence of the increase in the content of the  $\gamma$ '-phase on the increase in the sum of the content of titanium and aluminum.

For dispersion-hardening VH4L-VI, EP693 alloys in which the strengthening  $\gamma$ '-phase is released during heat treatment by the aging method:

Alloy	(Ti+Al), %	the content of the $\gamma$ '-phase, %
VH4L-VI	1.4–2.6	11.63–21.60
EP693	2.7–3.9	21.96–31.95

For other heat-resistant nickel alloys:

ZhC3LC	4.8–6.0	37.80–43.90
ZhC3DK-VI	6.5–7.3	54.74–57.76
ZhC6K-VI	7.5–9.2	65.30–72.92
ZhC6U-VI	7.1–8.9	61.89–69.19

It should be noted that when the value of the sum of Ti+Al is more than 8.2% along the grain boundaries, metallographic examination may reveal thickening (increase in the white border), coarse segregation of the carbide phase, and eutectic segregation.

The authors of works [1–3; 5] show that the permissible content of chromium, molybdenum, tungsten, niobium, and tantalum is limited in nickel alloys.

A study of the concentration regions of modern heat-resistant nickel alloys demonstrates that they have reached the maximum content of  $\gamma$ '-forming elements [1–3; 5]. Excessive alloying of nickel-chromium alloys with ferrite-forming elements: chromium, molybdenum, tungsten, titanium, and aluminum leads to the appearance of two-phase ( $\gamma+\alpha$ ) and  $\sigma$ -phase, and other phases

of unfavorable morphology, which sharply deteriorates the properties of the alloys [6].

It is known [1; 5] that the modifying effect of REM on the structure of heat-resistant alloys is manifested in the grinding of micrograins, the reduction of the size of the dendritic cell, the change in morphology and the distribution of non-metallic inclusions.

Yttrium as a surface-active element, accumulating at the boundary of solid and liquid phases, causes an increase in the viscosity of the melt and slows down the growth of the solid phase due to inhibition of diffusion processes [2]. It is known that the optimal content of yttrium in the alloy is 0.01%, which ensures the stabilization of MS-type carbides without the formation of independent eutectic phases [5].

Studies [7] of the ZhC6U-VI alloy, which is prone to the formation of discharges along the grain boundaries, established that this does not occur after treatment with nickel yttrium ligature. But it should be taken into account that the use of alloy modification leads to a decrease in the macrograin size and, as a result, a decrease in heat resistance.

It is known [6] that at room and reduced test temperatures, the strength characteristics of steels and alloys are higher in alloys with finer grains. At higher temperatures, alloys with a coarse-grained structure show better heat resistance.

Refining the melt using methods of remelting and high-temperature melt processing (HTMP) helps to prevent the formation of secretions along the grain boundaries.

During remelting of the alloy, the first point of the equilibrium state of the melt is reached, at which many refractory inclusions remain in the melt. These refractory inclusions, being the centers of crystallization, reduce the free energy of the melt, which apparently leads to the inhibition of exudation outside the grain boundaries.

During HTMP, the second point of the equilibrium state of the melt is reached, when the vast majority of refractory inclusions are dissolved in it, and even the destruction of clusters begins.

It is necessary to understand that during the purification of grains by REM modification, impurities are present in the melt, they are

not separated along the grain boundaries, but remain in the volume of the metal. Such an alloy is subject to refining by remelting or HTMP methods. It is allowed to use conditioned waste in the amount of up to 50% of the mass of metal filling with REM processing during refining by remelting or HTMP methods.

**Conclusions.** The paper describes the role of the  $\gamma'$ -phase and the conditions for its formation. The consequences of alloying heat-resistant nickel alloys with titanium and aluminum are considered.

Methods of combating allocations along grain boundaries and thickening of grain boundaries are described. When smelting heat-resistant nickel alloys, REM modification and the use of melt refining by remelting and high-temperature processing are recommended.

#### List of used sources:

1. Sims C. T. and Hagel W. C. The Superalloys. John Wiley & Sons, New York, 1972.
2. Reed R. C. The Superalloys Fundamentals and Applications. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. P. 23.
3. Satyanarayana D. V. V. and Prasad N. E. Nickel-based superalloys. *Aerospace Materials and Material Technologies*. Vol. 1 : Aerospace Materials. Singapore: Springer Nature, Pte Ltd., 2017. P. 199–228.
4. Perrut M., Caron P., Thomas M., and Couret A. High temperature materials for aerospace applications: Ni-based superalloys and  $\gamma$ -TiAl alloys. *Comptes Rendus, Physique*. 2018. V. 8. № 19. P. 657–671.
5. Каблов Є. Н. Літєві лопатки газових турбін (сплав, технологія, покриття). МИСИС, 2001. 632 с.
6. Хімушин Ф. Ф. Жароміцні сталі та сплави. *Металургія*, 1969. 748 с.
7. Тьомкін Д. О., Клочихін В. В., Данілов С. М., Педаш О. О., Наумик О. О., Наумик В. В. Вплив модифікування ітрієм на структуру і властивості виливків, отриманих з вороття сплаву ЖС6У-ВІ. *Нові матеріали і технології в металургії і машинобудуванні*. 2022. № 2. С. 50–56.

## **ПЕРЕДУМОВИ КОРПОРАТИВНОГО НАВЧАННЯ ТА РОЗВИТКУ SOFT SKILLS**

***Кліменкова О. В.***

*магістрантка,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Стадник А. Г.***

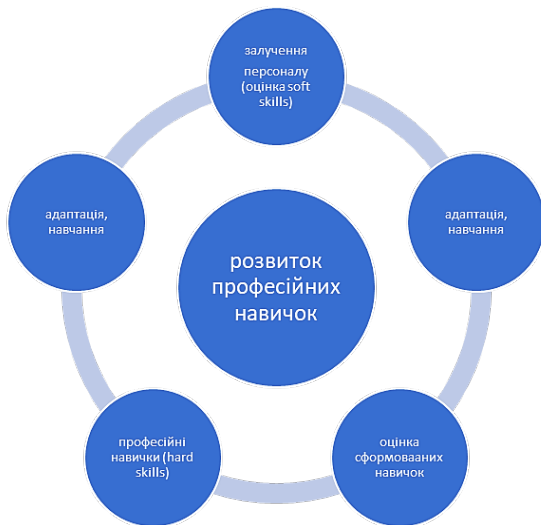
*кандидат соціальних наук, доцент, доцент, кафедра психології,  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна*

Україна перебуває на шляху значних перетворень у багатьох сферах, зокрема в освіті та професійному розвитку населення. Державна реформа освіти спрямована на вдосконалення всього освітнього середовища, зокрема впровадження моделі компетентнісного підходу, яка має на меті сформувати необхідні навички у студентів для кращої адаптації у професійному середовищі. Відповідні положення зафіксовано у пріоритетах Стратегічного плану діяльності Міністерства освіти і науки України до 2027 року [1]. Метою даного дослідження виступає аналіз чинників, які формують потребу у корпоративному навчанні Soft Skills на підприємстві.

Впровадження освітніх реформ у контексті зазначеного підходу невід'ємне від тісної співпраці з бізнес-середовищем, яке є основним замовником підготовлених фахівців. І, якщо раніше, акцент робився на галузевих знаннях у випускників ВНЗ, то сьогодні ринок праці формує запит на розвинуті «м'які» навички: швидка адаптація; самоорганізація; емоційний інтелект; критичне або аналітичне мислення та інших. Освіта, в свою чергу, адаптується до потреб сучасного ринку праці, інтегруючи розвиток м'яких навичок у навчальний процес. Так, у багатьох вищих навчальних закладах впроваджується програма формування й розвитку Soft Skills у студентів.

Досліджуючи Концепцію Soft Skills ми спостерігаємо розбіжності між науковим та бізнес середовищами, до прикладу, у методах та підходах оцінки м'яких навичок. Методики оцінки, застосовані у бізнес-середовищі спрямовані на ефективність працівника яка відображається у показниках підприємства. Наука, зокрема психологія, більшістю досліджує окремі складові, які формують м'які навички. Таким чином, критерії оцінки soft skills, що застосовуються підприємствами і науковим середовищем мають певну неузгодженість і ускладнюють впровадження наукових методів у прикладному контексті, що заважає продуктивній співпраці між стейхолдерами.

Подібні розбіжності спрямовують бізнес-середовище на самостійну розробку методик оцінки і розвитку soft skills, з подальшим формуванням hard skills у працівників. Тому, ми спостерігаємо тенденцію до організації власних навчальних центрів на підприємствах, які мають за мету розвивати «м'які» навички у співробітників з акцентом на актуальні потреби і бізнес-задачі. Також, варто відмітити, що корпоративні навчальні центри мають перевагу над науковими підходами, зокрема:



**Рис. 1. Модель розвитку професійних навичок на підприємстві**

- реагують швидко на ринкові зміни – адаптують і розробляють нові актуальні програми розвитку м'яких навичок;
- забезпечують повний цикл розвитку і оцінки співробітників від процедури найму, де оцінюються soft skills кандидата, до формування hard skills, утворюючи колоподібний рух та забезпечуючи безперервне навчання – Lifelong learning.

Схематично можна представити так, як це показано на рис. 1.

Отже основними чинниками розбіжності між науковим та бізнес-середовищами, на нашу думку, є неузгодженість у методах та підходах оцінки м'яких навичок, реагуванні на зміни, забезпечені безперервного розвитку soft skills.

#### **Перелік використаних джерел:**

1. Стратегічний план діяльності Міністерства освіти і науки України до 2027 року URL: <https://mon.gov.ua/strategichniy-plan-diyalnosti-mon-do-2027-roku> (дата звернення: 06.11 2024).

## **ПРОБЛЕМИ ПОТРАПЛЯННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТИ ВІД ВИКИДІВ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

***Коробкіна Н. А.***

*здобувач, група 263-23-1,  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»»*

***Накемній О. К.***

*старший викладач, кафедра безпеки праці та охорони довкілля,  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Металургійна промисловість виробляє значну кількість токсичних викидів, які потрапляють у довкілля через процеси плавлення, випалу та обробки руд. Ці процеси виділяють

газоподібні сполуки, пил, що містить мікрочастинки важких металів, які осідають у ґрунті поблизу металургійних заводів. Особливо сильно забруднюються території, що прилягають до промислових зон. Основними джерелами забруднення є викиди підприємств металургійної промисловості, які в процесі переробки руд вивільнюють у повітря, воду і ґрунт такі токсичні елементи, як свинець, кадмій, ртуть, цинк, мідь, хром та інші. Проблема потрапляння цих металів у ґрунт залишається однією з найгостріших екологічних проблем, з якими стикається сучасна металургія. Вони накопичуються в ґрунтах, де можуть залишатися активними протягом десятиліть, впливаючи на рослини, тварин і людей.

Також, джерелами надходження важких металів в довкілля є аварії на виробництвах, які можуть призводити до значного локального забруднення важкими металами. Складування промислових відходів без необхідних екологічних заходів можуть також спричиняти значні екологічні проблеми, Згодом важкі метали можуть проникати в ґрунтові води, що призводить до вторинного забруднення [1].

Важкі метали, такі як кадмій, свинець, мідь, цинк та ртуть, вносяться у ґрунт у різних формах і взаємодіють із його компонентами, змінюючи фізико-хімічні властивості ґрунту. Це призводить до зниження родючості та порушення мікробіологічного складу ґрунту. Деякі метали мають властивість утворювати стійкі сполуки, які значно ускладнюють процеси їх нейтралізації. Накопичуючись у ґрунті, важкі метали потрапляють у рослини, де можуть пригнічувати їх зростання і розвиток. Деякі метали, такі як кадмій і свинець, токсичні навіть у малих концентраціях, а їх накопичення в рослинах призводить до деградації рослинних покривів і зниження продуктивності сільськогосподарських угідь. Важкі метали можуть потрапляти в організм людини через ланцюг харчування. Вони акумулюються в їстівних частинах рослин і можуть потрапляти в організм людей через споживання забруднених овочів, фруктів і продуктів тваринництва. Накопичення металів у людському організмі може спричиняти

захворювання печінки, нирок, нервової системи, а також онкологічні захворювання [2].

Ефективна боротьба із забрудненням ґрунтів вимагає регулярного моніторингу рівня важких металів у ґрунті. Рівень забруднення можна визначити методами аналізу, такими як спектрофотометрія, атомна абсорбція та рентгенівська флуоресценція. Визначення вмісту важких металів дозволить вжити необхідних заходів щодо запобігання його подальшому поширенню.

Важливим аспектом розв'язання проблеми забруднення є впровадження сучасних технологій на металургійних підприємствах, таких як фільтри, системи очищення димових газів та замкнуті системи охолодження. Поліпшення методів переробки та утилізації відходів також може значно зменшити кількість важких металів, що надходять у навколишнє середовище.

Одним із найбільш ефективних підходів до зниження концентрації важких металів у ґрунті є фітореMediaція – використання спеціальних рослин для поглинання металів. Деякі рослини, такі як гірчак (*Polygonum spp.*), рижій посівний (*Camelina sativa L.*) та кукурудза (*Zea mays*), мають здатність накопичувати метали у своїх тканинах і можуть бути використані для очищення ґрунту. Іншим методом є хімічна стабілізація ґрунту, що полягає у внесенні в ґрунт спеціальних речовин, які утворюють з важкими металами нерозчинні сполуки. Ці сполуки стають менш мобільними, знижуючи ризик їх потрапляння у рослини та ґрунтові води [3].

Розробка екологічних стандартів і посилення контролю з боку державних органів відіграють важливу роль у зниженні обсягів забруднень. Важливими є також міжнародні угоди, такі як Базельська конвенція, яка регулює трансграничне перевезення небезпечних відходів.

Потрапляння важких металів у ґрунти є серйозною екологічною проблемою, що потребує комплексного підходу до її вирішення. Важкі метали, накопичуючись у ґрунті, мають довготривалий вплив на екосистеми та здоров'я людини. Методи

моніторингу та нейтралізації забруднень повинні стати пріоритетними для країн, які активно розвивають металургійну промисловість. Поліпшення технологій на виробництві, впровадження екологічних стандартів, а також застосування методів фітореMediaції й хімічної стабілізації можуть істотно зменшити негативний вплив важких металів на навколишнє середовище.

**Перелік використаних джерел:**

1. Гриньова Я. Г., Криштоп Є. А. Проблеми забруднення навколишнього середовища важкими металами та шляхи їх подолання. *Інженерія природокористування*. 2021. № 1 (19). С. 111–119. URL: [https://doi.org/10.37700/enm.2021.1\(19\)](https://doi.org/10.37700/enm.2021.1(19))
2. Fakher, Salwa & Bedeeh, Riyadh. Evaluation of pollution with some heavy metals for soils and plants of agricultural Locations in Basrah province. *Bionatura*. 2023. 8. 1–12. URL: <https://doi.org/10.21931/RB/CSS/2023.08.03.37>
3. Інноваційні підходи до фітореMediaції та фіторекультивації у сучасних системах землеробства : монографія / Я. Г. Цицюра, Ю. М. Шкатула, Т. А. Забарна, Л. В. Пелех. Вінниця : ТОВ «Друк», 2022. 1200 с.

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ  
НЕСТАЦІОНАРНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ  
У ПОТУЖНИХ СИНХРОННИХ МАШИНАХ**

**Корогод Д. М.**

*студент, група Е-314м,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

**Чаповський Б. А.**

*студент, група Е- 612сп,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

**Зіновкін В. В.**

*доктор технічних наук, професор, професор,  
кафедра електроприводу та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

**Крисан Ю. О.**

*кандидат технічних наук, доцент, доцент,  
кафедра електроприводу та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

**Васильєва Є. В.**

*старший викладач, кафедра електроприводу  
та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна*

У промисловості синхронні машини використовуються з метою забезпечення стабілізації технологічних процесів в електрометалургії, приводів прокатних станів, індукційних печей для виготовлення спеціальних сплавів та ін. При стабілізації певних технологічних процесів в самих машинах мають місце нестационарні електромагнітні процеси, які призводять до погіршення технічного стану внаслідок часткових перевантажень.

Таким чином, необхідно забезпечити оптимальні умови надійної роботи синхронних генераторів в режимах складних

електромеханічних навантажень. При дослідженнях електромагнітних процесів, що відбуваються в синхронних машинах, розглядається, так зване, обертове електромагнітне поле розсіювання, що збуджується струмами навантаження. В свою чергу, останні залежать від механічного навантаження. При цьому, електромагнітні, теплові, високовольтні, електродинамічні, вібраційні та ін. процеси змінюються в залежності від характеру навантаження та стану елементів системи електропостачання. Найбільш вразливі режими роботи машин врахувати практично не представляється можливим. Тому в процесі експлуатації машин доволі часто мають місце випадки короткочасного перевищення нормованих показників Державними стандартами і нормативно-технічної документації і залишаються поза межами уваги обслуговуючого персоналу.

Аналіз аварійності і умов експлуатації синхронних машин показав, що найбільші показники відмов мають місце в металургійній та газовій промисловості. Найбільші пошкодження мають місце в лобовій частині системи збудження обертового електромагнітного поля розсіювання (обмоток), нерівномірний розподіл теплових перевантажень елементів конструкції та їх постійний перерозподіл.

Але слід мати на увазі, що теплові та електродинамічні перевантаження є наслідком нестаціонарних електромагнітних процесів, які, в свою чергу, збуджуються, зовнішніми параметрами.

Таким чином, нерівномірний розподіл температурних полів призводить до формування низки небажаних факторів, що погіршують технічний стан синхронних машин в умовах експлуатації.

Доцільно відзначити, що розрахунки теплових навантажень ротора виконуються на підставі схем заміщення і дозволяють визначити усереднені значення температур в окремих точках анізотропних середовищ (сталей, ізоляції), що не відповідає в повній мірі дійсності і призводить до певних похибок. Для отримання більш точних методів розрахунків, по мірі зростання потужності в одиниці машин, використовувались чисельні методи та метод кінцевих елементів електромагнітних

процесів та послідуєчих температурних навантажень. При цьому розрахунки виконувались для умов роботи машини в синхронному режимі.

**Актуальність дослідження** спонукається вимогами практики щодо підвищення надійності синхронних машин та забезпечення оптимальних умов роботи відповідних технологічних процесів у промисловості.

**Об'єктом дослідження** є методи моделювання нестационарних електромагнітних процесів в синхронній машині в залежності від впливу різко змінних електромеханічних навантажень.

**Наукова новизна полягає** в розробці методологічних підходів та методів наукового дослідження розподілу температурних навантажень активних елементів в поєднанні із електромагнітними процесами, що відбуваються в порожнині синхронної машини.

У роботі пропонується методологічний підхід розрахунку теплових навантажень елементів конструкції синхронної машини відповідно до формування електромагнітних процесів, що збуджуються зовнішніми параметрами навантаження (живлення і механічного) на підставі епюру електромагнітного поля розсіювання, додаткових втрат (місцевих і загальних) та температур у найбільш характерних місцях у логічній послідовності їх формування і прояву.

Математична модель дозволяє знаходити найбільш вразливих місця в активних і неактивних елементах конструкції. При цьому враховуються впливи зовнішніх факторів. Отримані результати використовуються в якості похідних в математичній моделі теплового поля. Теплова модель представляє собою нелінійне диференціальне рівняння теплопровідності в якій втрати в одиниці об'єму прямо пропорційно впливають на результат. Аналіз і синтез побудови математичної моделі теплового поля дозволяє:

- враховувати характерні риси зовнішніх навантажень і умов експлуатації;
- взаємний вплив активних і неактивних елементів на теплові потоки.

При складанні математичної моделі використовуються наступні припущеннями:

- статор і ротор розглядаються в якості самостійних і незалежних джерел теплової енергії;
- кривизною активних елементів конструкції нехтуємо;
- рішення моделі отримуємо в декартовій системі координат у силу повної симетрії машини і спрощення розрахунків;
- вентиляційні процеси вважаються такими, що задовольняють нормативній документації щодо можливих перевантажень (сталій);
- вплив охолоджуючого середовища враховується шляхом використання відповідних корегуючи коефіцієнтів теплопередачі відповідних поверхонь.

На перший погляд здається, що досить велика кількість припущень призведе до досить великих похибок в кінцевому результаті, але з точки зору взаємного впливу природи фізичних процесів, що відбуваються в машині, вони мають сенс у математичній постановці математичної моделі. Так наприклад, із фізичної точки зору кривизна активних елементів майже не впливає на розподіл тепла в наслідок симетрії та достатньо великих геометричних розмірів. Тому вирішення завдання в декартовій системі практично не відрізняється від результатів, що отримуємо в інших системах відліку.

У варіаційній постановці рівняння теплопровідності перетворюється до суми окремих джерел у вигляді інтегро-диференційного рівняння в межах початкових і граничних умов, що дозволяє отримувати результат в межах осереднених геометричних розмірів синхронної машини. На цьому етапі необхідно враховувати температурний вплив примусового охолоджуючого середовища в якості такого, що відбирає частину теплової енергії.

Вирішення завдання можливо звести до знаходження розподілу температур в обмежених межах шляхом мінімізації функціонала і представлення рівняння теплового поля у вигляді матричного рівняння. В якості вузлових елементів матриць теплопровідності – функція розподілу певних меж і відповідних

коефіцієнтів теплопровідності, вектор напрямку теплового потоку та вектор теплових джерел.

На цьому етапі необхідно уважно визначити похідну (швидкість) потоку тепла в певні моменти часу. Для цього доцільно скористатись математичним методом кінцевих елементів. При досягненні сталого режиму можливо обмежитись рішенням матричного рівняння.

У випадках коли машина працює при різкозмінних електричних або змінних механічних навантаженнях вирішення задачі ускладнюється. При необхідності отримання оцінюючого результату можливо скористатись вирішенням лінійного диференційного рівняння де в якості початкового параметра можливо скористатись отриманим вище методом, а вплив перевищень врахувати шляхом зростання додаткових втрат.

**Висновки.** Отримані результати дозволяють оптимізувати науково-технічні дослідження з послідуною розробкою відповідної математичної моделі та її корегування в залежності від конкретизації завдання.

## **ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ**

***Кравченко Н. Ю.***

*студентка, група Т-313,*

*Національний університет «Запорізька політехніка»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Забезпечення належного рівня безпеки руху на залізничних переїздах є запорукою ритмічної роботи підприємства, оскільки заблокований залізничний переїзд зупиняє функціонування як залізничного, так і автомобільного транспорту, сильно ускладнюючи логістичне забезпечення виробничого процесу підприємства. Натомість, безаварійне функціонування переїздів

запобігає збиткам від дорожньо-транспортних пригод, пов'язаних із наїздом рухомого складу залізниці на транспортні засоби автомобільного транспорту або на пішоходів та забезпечує належний рівень провізної здатності як автомобільної дороги, так і залізничної лінії.

З метою забезпечення належного рівня безпеки дорожнього руху на переїздах та профілактики дорожньо-транспортних пригод та нещасних випадків поблизу переїздів рекомендується проведення низки заходів, а саме: забезпечення трикутника видимості залізничного переїзду для водіїв автомобільних транспортних засобів, забезпечення повздовжньої видимості залізничної колії на ділянці переїзду для машиністів рухомого складу залізниці, забезпечення рівності покриття у місці перетину проїзної частини із залізничними коліями, влаштування пішохідної доріжки окремо від проїзної частини в межах залізничного переїзду, додаткове освітлення ділянки переїзду протягом темної пори доби, очищення ділянки переїзду від снігу та профілактика утворення ожеледиці, облаштування переїзду дорожніми знаками та дорожньою розміткою.

Специфіка використання залізничного та автомобільного транспорту на території промислового підприємства полягає у браку площ для трасування автомобільних доріг та залізничних колій з огляду на забезпечення необхідних відстаней видимості. Зважаючи на зазначене, пропонується застосування на переїздах автоматичної переїзної сигналізації із отриманням сигналів на закриття переїзду від ізольованих ділянок рейкових мереж.

Застосування автоматичної переїзної сигналізації дозволить підвищити безпечну швидкість руху автомобілів та рухомого складу залізниці поблизу залізничних переїздів без необхідності збільшення параметрів трикутників видимості переїздів та довжини прямих ділянок залізничної колії.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

***Крисан С. О.***

*студентка, група Е-314м,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Зіновкін В. В.***

*доктор технічних наук, професор, професор,  
кафедра електроприводу та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна*

У переважній більшості вантажопідйомних кранів використовується застаріла система керування електроприводом, вона базується на релейно-контакторних елементах і в деяких випадках не задовольняє вимогам практики та не узгоджується із виконавчими механізмами, що негативно впливає на показники надійності електромеханічної системи кранів та вимагає значних техніко-економічних витрат на обслуговування та ремонту.

Актуальність роботи полягає в удосконаленні системи керування асинхронного електроприводу на підставі сучасних мікропроцесорних і програмних засобів автоматизації.

Об'єктом дослідження є узгодженість кранових виконавчих механізмів та систем керування для оптимального використання електромеханічної системи.

Метою роботи є розробка і дослідження асинхронного електроприводу пересування візка мостового електричного крану в поєднанні із сучасними засобами автоматизації.

Наукова новизна роботи полягає у використанні математичної моделі керування умов узгодженості кранових механізмів та відповідних технологічних процесів візка.

Результати дослідження. Візок виконує операцію переміщення піднятого вантажу уздовж ферми крану з майданчика

завантаження на майданчик вивантаження. Межа роботи електроприводу задається в 4-х квадрантах площини координат. Робота привідного двигуна обмежена максимальною кутовою швидкістю електроприводу 83,3 рад/с і інтервалом зміни моменту корисного навантаження в тривалому режимі від мінімального до максимального моменту.

Електропривод переміщення візка повинен задовольняти наступним технічним вимогам:

- електропривод реверсивний;
- навантаження – постійне, реактивне;
- діапазон робочих обертових частот двигуна від 79 об/хв до 796 об/хв;
- кратність пускового моменту не менше 3,5;
- похибка підтримки заданої швидкості не більше 10 %;
- електродвигун працює в умовах підвищеної температури і запилення, тому повинен мати закрите виконання з мірою захисту не нижче IP44.

Виходячи з вищесказаного, найбільш оптимальним буде перехід до використання асинхронних електроприводів з частотним регулюванням, які по функціональних можливостях і експлуатаційних характеристиках можуть відповідати пред'явленим технічним вимогам.

Спосіб керування двигуном залежить від технічних вимог та технічних параметрів електромеханічних систем електроприводу. У електроприводах з обмеженим діапазоном регулювання і відсутністю динамічних режимів роботи застосовується частотно-параметричний спосіб. Він полягає в тому, що регулюється частота і діюче значення вихідної напруги у відповідності до заданої швидкості.

Оскільки діапазон швидкості приводу невеликий, то він може бути досягнутий досить простим і широко поширеним скалярним методом керування, згідно закону  $U/f = \text{const}$ . Крім того, при дотриманні цього закону забезпечується постійність критичного моменту, необхідного для цього механізму і типу навантаження.

Способи керування в системі ПЧ-АД і їх показники приведені в табл. 1. Також необхідно врахувати, що цей механізм повинен забезпечувати досить високий коефіцієнт кратності по пусковому кп моменту.

Таблиця 1

**Способи керування в системі ПЧ-АД та їх показники**

Спосіб керування	Діапазон регулювання швидкості
Скалярне керування, закон керування $U/f = \text{const}$	
– розімкнена система, у тому числі з корекцією вольт-частотної характеристики	менше 10
– замкнута система із зворотнім зв'язком по струму статора і компенсацією падіння напруги на активному опорі обмоток статора (IR-компенсація або компенсація навантаження)	10
– замкнута система із зворотнім зв'язком по струму статора і компенсацією падіння напруги на активному опорі обмоток статора і підвищенням жорсткості статичних характеристик (IR-компенсація або компенсація ковзанням)	більше 10
– замкнута система із зворотним зв'язком за швидкістю	до 120
Векторне керування	
– без датчика швидкості (з внутрішньою моделлю)	100–120
– з датчиком швидкості	1000

Для цього асинхронного електроприводу доцільно буде використання перетворювача серії *G120* моделі *PM240* (концерну Siemens AG, Німеччина). Цей перетворювач повністю відповідає умовам вирішення поставленого завдання. В роботі реалізовано скалярний спосіб керування з діапазоном регулювання 1:10.

Для розрахунків статичних характеристик електроприводу використано Т-подібні схеми заміщення, структурні схеми яких приведені на рис. 1.

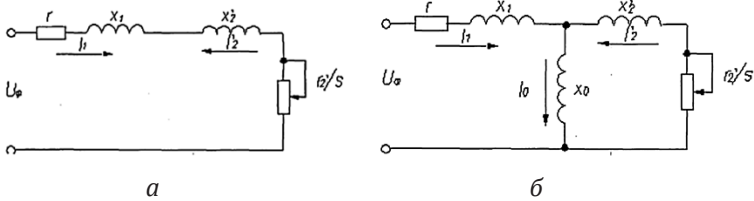


Рис. 1. Спрощена та Т-подібна схема заміщення АД

При розрахунку за спрощеною схемою заміщення, для побудови механічної характеристики, використовувались наступні математичні моделі:

$$M = \frac{3U_1^2}{\omega_0} \times \frac{\frac{r_2'}{s}}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}. \quad (1)$$

Для розрахунків механічної характеристики, що відповідає Т-подібній схемі заміщення, використовувались наступні умови:

$$M = \frac{3U_\phi^2}{\omega_0 / p} \times \frac{r_2 s}{\left[\frac{r_1 r_2 - s x_1 x_2 - s x_0 (x_1 + x_2)}{x_0}\right]^2 + \left[s r_1 \frac{x_0 + x_2}{x_0} + r_2 \frac{x_0 + x_1}{x_0}\right]^2}. \quad (2)$$

У роботі проведено дослідження та побудовані природна механічна та електромеханічна характеристики АД під час роботи електромеханічної системи при живленні від мережі. Розрахунки проводилися для асинхронних двигунів типу МТФ112-6 із замкнутим ротором.

При скалярному керуванні розраховано та побудовано сімейство механічних характеристик електродвигуна в діапазоні частот від  $f_{\min}$  до  $f_{\max}$ . Мінімальне значення частоти прийнято 5 Гц, а максимальну частоту визначається частотою мережі живлення 50 Гц.

У найпростішому випадку частотно-регульовані асинхронні електроприводи із скалярним керуванням можуть бути реалізовані по розімкненій структурі. Закон частотного регулювання

$U_1/f_1 = \text{const}$ , при скалярному керуванні, вибирається залежно від характеру навантаження виробничого механізму. При діапазоні регулювання швидкості більш ніж 1/2 доцільно вибирати двигун з примусовою вентиляцією.

При рішенні завдань аналізу і синтезу регульованих асинхронних електроприводів зазвичай застосовуються моделі електродвигуна, складені на базі узагальненої електричної машини і виконані в нерухомій або обертовій двофазній системі координат. Розроблена функціональна схема моделі асинхронного електроприводу з частотним скалярним керуванням.

Перевірка адекватності системи робиться для зіставлення теоретичних і практичних розрахункових результатів. Дослідження проводилися в програмному середовищі MatlabSimulink. Створена модель однозонного регульованого асинхронного електроприводу з частотним скалярним керуванням на базі моделі двофазного асинхронного електродвигуна в нерухомій системі координат  $\alpha$ ,  $\beta$  з датчиками струмів. Розраховані перехідні процеси що відбуваються в режимі пуску на неробочому ходу та подальшому накиду навантаження.

З аналізу результатів імітаційних досліджень електроприводу виходить, що асинхронний електропривод з частотним скалярним керуванням та з компенсацією ковзання забезпечує необхідний діапазон регулювання швидкості механізму переміщення візка мостового крану. Перехідні процеси в електроприводі протікають плавно, коливання моменту відсутні. Вузол струмообмеження забезпечує сталість струму і моменту двигуна при перевантаженнях.

#### **Висновки:**

1. Дослідження частотно-регульованого електроприводу та механізму пересування візка мостового крану КМ20/5 показали, що найбільш оптимальним є використання електродвигуна типу МТКФ – П112-6, і перетворювача частоти SINAMICS G120 PM240 “Siemens”.

2. Розроблені параметри схеми заміщення електродвигуна, розраховані механічні і електромеханічні характеристики дозволили визначити оптимальні межі роботи електроприводу.

3. Моделювання оптимальних умов роботи електроприводу в програмному середовищі MatlabSimulink, на основі отриманих даних та двох імітаційних моделей в поєднанні із вузлом струмообмеження, дозволили забезпечити захист електродвигуна від перевантажень по струму.

4. Використання моделі однозонного регульованого асинхронного електроприводу з частотним скалярним керуванням на базі моделі двофазного асинхронного електродвигуна в нерухомій системі координат  $\alpha, \beta$  з датчиками струмів  $i_{1\alpha}, i_{1\beta}$ , IR-компенсацією і регулятором обмеження струму забезпечує більший пусковий момент, кращу жорсткість характеристик, при відпрацюванні завдання навіть на низьких частотах.

## **МОДИФІКУВАННЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ІЗ ЖАРОМІЦНОГО НІКЕЛЕВОГО СПЛАВУ**

**Кудін В. В.**

*кандидат технічних наук, доцент,  
кафедра машин і технології ливарного виробництва,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

**Бойчук Р. В.**

*заступник генерального директора з правових питань,  
ПАТ «Запоріжсталь»,  
аспірант, кафедра машин і технології ливарного виробництва,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

**Кармазін М. О.**

*майстер ремонту механічного обладнання,  
ЦГП, ПАТ «Запоріжсталь»,  
аспірант, кафедра машин і технології ливарного виробництва,  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна*

Експлуатаційна довговічність литих робочих лопаток газотурбінних двигунів (ГТД) в значній мірі залежить від стабільності структури та фізико-механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів. Поліпшення цих показників можливе за рахунок вдосконалення технології виробництва виливків, додаванням раціональної кількості модифікаторів та розробкою технології їх введення в метал. В даній роботі вивчали вплив модифікування жароміцного нікелевого сплаву гафнієм і цирконієм на структуру та властивості виливків, а також розробляли технологію введення модифікаторів.

Сплав виплавляли методом переплаву заготовки в індукційній вакуумній печі УППФ-3М з основним тиглем ємністю 15 кг. Плавки велися при глибині вакууму 0,665 Па. Після розплавлення шихти, рідкий метал нагрівали до температури 1600 °С та витримували 2 хвилини. В розплав при температурі 1580±10 °С

опускали пакет із алюмінієвої фольги, що містив необхідну кількість модифікаторів фракцією 0,2–1,0 мм. В розплав вводили від 0,1 до 1,0 % гафнію та від 0,02 до 0,09 % цирконію. Робили витримку модифікованого розплаву протягом 10–30 секунд при увімкненій печі. При температурі  $1570 \pm 10$  °C розплав заливали в попередньо нагріті до 950 °C керамічні форми, отримані за моделями, що витоплюються. Отримані виливки піддавали термічній обробці по режиму: нагрівання до  $1210 + 15$  °C, витримка 4 години, охолодження на повітрі. З отриманих виливків виготовляли зразки для визначення фізико-механічних і жароміцних властивостей, а також вивчення структури.

Розробка технології введення модифікаторів показала, що витримка рідкого розплаву 10–30 секунд з моменту модифікування до заливання ливарної форми при увімкненій печі при температурі  $1580 \pm 10$  °C забезпечувала найбільш рівномірний розподіл по всьому об'єму металу і повне розчинення модифікаторів фракцією 0,2–1,0 мм, а також максимальне засвоєння (94–98 %). При цьому забезпечувалася дія елементів як модифікаторів II роду. Витримка менше 10 секунд недостатня для рівномірного розподілу по об'єму металу і повного розчинення модифікаторів. При витримці більше ніж 30 секунд зменшувався відсоток засвоєння гафнію та цирконію за рахунок випаровування елементів у вакуумі, взаємодії з футерівкою печі та втрачався ефект модифікування.

За результатами випробувань встановлено, що стабільними і досить високими фізико-механічними та жароміцними властивостями володіли виливки, що містили 0,4–0,7 % гафнію і 0,03–0,06 % цирконію. Спільний вміст гафнію та цирконію в жароміцному нікелевому сплаві, сприяв підвищенню межі міцності лопаток на 8 %, відносного подовження на 50 %, ударної в'язкості майже на 70 % і тривалої міцності на 20 % в порівнянні з лопатками, отриманими по серійній технології виготовлення (табл. 1).

При вмісті у виливках лопаток гафнію і цирконію нижче 0,4 % та 0,03 % відповідно, їх механічні та жароміцні властивості підвищувалися незначно. Введення масової частки гафнію і цирконію

вище 0,7 % та 0,06 % відповідно, призводило до появи в мікроструктурі фаз несприятливої морфології, як наслідком було падіння тривалої міцності жароміцного сплаву (табл. 1).

Таблиця 1  
**Механічні та жароміцні властивості лопаток з гафнієм і цирконієм**

Масова частка елементів, %		Механічні властивості при кімнатній температурі			Тривала міцність $\sigma_{1000}^{850}$ , МПа
Hf	Zr	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>	
—	—	972	7,8	18,0	107,1
0,1	0,02	985	8,3	19,4	108,2
0,3	0,02	993	9,4	22,7	112,6
0,4	0,03	1012	10,8	29,5	115,8
0,5	0,04	1035	11,6	38,3	125,3
0,6	0,05	1056	12,0	45,2	137,7
0,7	0,06	1043	11,4	33,5	122,8
0,8	0,08	1028	10,8	26,4	114,5
1,0	0,09	1016	11,2	28,8	103,6

Якісний металографічний аналіз структури лопаток показав, що спільний вміст у виливках 0,4–0,7 % гафнію та 0,03–0,06 % цирконію призводив до зменшення середнього розміру макрозерна, кількості та розмірів крихкої складової у вигляді фасеток внутрішньо зереного сколу, дендритних осередків та відстані між всіяма дендритів другого порядку, глобуляризації плівкових карбідів, які у лопатках виготовлених по серійній технології зазвичай мають вигляд китайських ієрогліфів.

Кількісна оцінка мікроструктури лопаток показала, що масова частка гафнію 0,4–0,7 % та цирконію 0,03–0,06 % забезпечувала підвищення кількості зміцнювальних фаз: карбідів, евтектичної ( $\gamma+\gamma'$ ) фази та інтерметалідної  $\gamma'$ -фази, сприяючи підвищенню тривалої міцності виливків.

Рентгеноспектральним мікроаналізом встановлено, що гафній та цирконій, володіючи високими карбідоутворюючими

властивостями, входили до складу карбідів типу MeC, змінюючи при цьому їх форму, розмір та морфологію, а також підвищували міцність і термічну стабільність, що сприятливо позначилося на фізико-механічних властивостях та рівню жароміцності лопаток газотурбінних двигунів.

## **МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ У ТРАНСФОРМАТОРАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

***Куніцин А. В.***

*студент, група Е-314м,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Панченко В. В.***

*студент, група Е-611,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Зіновкін В. В.***

*доктор технічних наук, професор, професор,  
кафедра електроприводу та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Крисан Ю. О.***

*кандидат технічних наук, доцент, доцент,  
кафедра електроприводу та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Третьяков А. О.***

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

Потужні трансформатори розробляються відповідно до вимог державних стандартів і нормативно-технічної документації і призначені для роботи в якості обладнання загального

призначення. Але при живленні прокатних станів та дугових сталеплавильних печей вони суттєво перевантажуються, тому їх показники надійності погіршуються. Для покращення останніх виконується модернізація та часткова реконструкція таких трансформаторів. Найбільш поширено використовуються трансформатори із розчепленими низьковольтними обмотками. Таким чином вони живлять одночасно декілька технологічних об'єктів, їх низьковольтні обмотки знаходяться в різних енергетичних станах. При цьому, показники якості електричної енергії суттєво спотворюються і трансформатор працює в режимах перевантаження і в просторі трансформатора формуються нестационарних електромагнітних процесів. Це призводить до перевантаження активних і неактивних деталей конструкції та аварійним відключенням. Тому на практиці доцільно виконувати декілька методів щодо їх модернізації з метою покращення більш жорстких умов роботи. Для вирішення цих питань використовуються різні методи проектування оптимальних конструктивних рішень трансформаторів як загального так і спеціального призначення. Для вирішення більш складних завдань використовуються методи фізичного моделювання.

У якості моделі використовується зменшена копія потужного трансформатора з відображенням характерних конструктивних рис, а живлення здійснюється збільшеною частотою відповідно до масштабу. Таким чином, отримані результати експериментального дослідження в повній мірі відображають характер протікання електромагнітних процесів у реальному конструктивному варіанті. Критерії подібності визначаються на підставі вирішення рівнянь Максвела, щодо подоби протікання електромагнітних процесів у просторі трансформатора.

Доцільно відзначити, що цей метод досить коштовний та доступний для досить кваліфікованих фахівців.

**Актуальність роботи** полягає в уточненні критеріїв подоби при фізичному моделюванні нестационарних електромагнітних процесів потужного трансформаторного обладнання.

**Об'єктом дослідження** є нестационарні електромагнітні процеси, що формуються в трансформаторному обладнанні при різкозмінних навантаженнях.

**Мета роботи** полягає в розробці методики моделювання нестационарних електромагнітних процесів в трансформаторному обладнанні як спеціального так і спеціального призначення.

**Наукова новизна** полягає в розробці спеціалізованого формувача збудження різкозмінних навантажень, що є характерними для живлення прокатних станів та дугових сталеплавильних печей, та корегування критеріїв подоби нестационарних електромагнітних процесів щодо нелінійної магнітної проникності в активних феромагнітних деталях конструкції та магнітопроводі.

**Результати дослідження** підтверджують основні теоретичні положення і методологічні підходи досягнення мети дослідження.

Приведено методику, схемне рішення спеціалізованого стенда та результати дослідження нестационарних електромагнітних параметрів в фізичній моделі та реальному трансформаторі при живленні, як синусоїдальними, так і різкозмінними струмами. Порівняльний аналіз отриманих результатів в повній мірі узгоджується із теоретичними положеннями.

Даний метод використано при отриманні причинно-наслідкових факторів погіршення поточного технічного стану потужного трансформатора типу ТРДН-6ЗМВА з олійним примусовим охолодженням.

Встановлено необхідність посилення пресуючих пристроїв в системах збудження електромагнітного поля розсіювання, зменшення додаткових втрат в феромагнітних неактивних деталей конструкції та теплових перевантажень і забезпечення електродинамічної стійкості.

Доцільно відзначити, що при дослідженні впливу різко змінних навантажень, що характерні для роботи дугових сталеплавильних печей, встановлено початкову деформацію низьковольтних обмотках фази «В» та погіршення ізоляційних

властивостей високовольтних обмоток трансформатора типової потужності 63МВА, що є наслідком дії нестаціонарних електромагнітних процесів. Робоча версія такого стану пояснюється тим, що при живленні дугової сталеплавильної печі типу ДСН-50 мало місце несиметричне навантаження яке пов'язано із станом відповідного електрода (більш вигорів) та якістю металевого брухту. Повторення експерименту планується в найближче можливий час і суттєво залежить від технічних можливостей.

**Висновки:**

1. Запропоновану математичну модель та метод фізичного моделювання нестаціонарних електромагнітних процесів доцільно використовувати при розробці технічного завдання та технічних вимог щодо модернізації трансформаторного обладнання та розробки нового для живлення пристроїв з різкозмінними навантаженнями.

2. Запропонований методологічний підхід доцільно використовувати для удосконалення методів визначення поточного технічного стану потужних трансформаторів з метою запобігання аварійного виходу із ладу.

3. Доцільно розглянути можливість використання сучасних фізико-математичних методів вирішення нелінійних інтегродиференціальних рівнянь в поєднанні із мікропроцесорними і програмними засобами, та засобами автоматизації діагностики поточного технічного стану електротехнічного обладнання.

## ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ В МЕТАЛУРГІЇ

*Логвиненко А. Г.*

*студент, група ІФ-511,*

*Національний університет «Запорізька політехніка»*

*м. Запоріжжя, Україна*

**Мета:** проаналізувати впровадження штучного інтелекту та машинного навчання для металургійних процесів доменного процесу.

**Зміст:** у роботі було проведено загальний аналіз сучасних нейромереж, які можна використати у доменному виробництві у таких аспектах як: контроль якості, оптимізація ланцюга поставок, контроль запасів продукції, контроль витрат енергії.

**Практична цінність:** результати можуть бути використані для додаткової модернізації та комплектації обладнання сучасним програмним забезпеченням зі штучним інтелектом.

Штучний інтелект і машинне навчання забезпечують додатковий рівень автоматизації процесів доменного виробництва і металургії загалом оскільки дозволяє оптимізувати операції, зменшити ручне втручання та підвищити загальну ефективність, передбачити потреби в технічному обслуговуванні та мінімізувати час простою, визначати потенційні проблеми до їх загострення.

Розглянуто результати впровадження ШІ на прикладі операції контролю якості:

**Контроль якості:** алгоритми ШІ та машинного навчання такі, як Vercada, за допомогою камер спостереження, тепловізорів аналізують дані про продукції, щоб покращити якість продукції. Наприклад такі дефекти, як подряпини та вм'ятини, можна ідентифікувати в режимі реального часу. Це дозволяє вчасно вживати коригувальних заходів, запобігаючи виникненню дефектів зменшенню браку та підвищенню якості виробів.

## **ПРОБЛЕМА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ТЕХНІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ**

***Міняйло Д. О.***

*студентка, група 183-22-1,*

*ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»*

*м. Запоріжжя, Україна*

У сучасному світі, де технологічний прогрес нестримно рухається вперед, безпека праці стала однією з найактуальніших тем у різних галузях. Ефективне впровадження заходів безпеки є ключовим для підтримання продуктивності та позитивного корпоративного клімату. Забезпечення безпечних умов праці позитивно впливає на здоров'я та мотивацію працівників, що сприяє успішній роботі підприємств [1].

Використання технічного обладнання є невід'ємною частиною виробничих процесів, але воно також створює значні ризики для здоров'я та життя працівників [2]. Аварії, пов'язані з експлуатацією обладнання, можуть призвести до фізичних, моральних та фінансових втрат як для працівників, так і для підприємств [2]. Питання ефективності заходів безпеки стає особливо актуальним через зростання кількості нещасних випадків на робочих місцях, необхідність дотримання нових стандартів безпеки та важливість людського фактора в системі безпеки [2].

Заходи безпеки, спрямовані на запобігання виробничого травматизму, можна розділити на організаційні та технічні. До організаційних заходів належать проведення якісних інструктажів, забезпечення працівників захисним одягом та постійний контроль за робочими процесами [2]. Технічні заходи включають впровадження безпечних технологій, автоматизацію процесів та створення систем запобігання аваріям [2].

Особистісні фактори також відіграють важливу роль у забезпеченні безпечних умов праці [2]. Це включає знання правил охорони праці, відповідальність працівника та його

дисциплінованість. Виконання вимог Закону України «Про охорону праці» є основою для захисту життя та здоров'я працівників під час трудової діяльності [3].

Одним із ключових обов'язків роботодавця є надання працівникам засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Основні аспекти цього питання визначені в статті 8 Закону України «Про охорону праці» [4]. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) відіграють ключову роль у запобіганні виробничим травмам [4]. Роботодавці зобов'язані забезпечувати працівників ЗІЗ, особливо на роботах з небезпечними умовами праці [4].

Незважаючи на існування заходів безпеки, на багатьох підприємствах виникають труднощі з їхньою ефективною організацією. Однією з головних проблем є недостатня увага керівництва до питань безпеки. Воно має забезпечувати проведення регулярних аудитів, навчання працівників та контроль за виконанням вимог безпеки [5]. Іншою проблемою є недостатній контроль за дотриманням процедур безпеки. Навіть якщо правила безпеки розроблені, їх виконання не завжди контролюється [5]. Відповідальність за дотримання правил безпеки мають нести як керівники, так і працівники [5]. Важливим викликом є відповідність обладнання та виробничих приміщень вимогам безпеки [5]. Для забезпечення належного рівня безпеки необхідно регулярно перевіряти технічний стан обладнання, оновлювати застаріле або несправне обладнання, а також своєчасно усувати виявлені порушення та небезпечні умови на робочих місцях [5]. Також важливою проблемою є психологічний стан працівників [5]. Роботодавці також мають враховувати психологічне благополуччя своїх працівників, оскільки це безпосередньо впливає на їхню здатність дотримуватися правил безпеки [5].

Проте, за даними міжнародної статистики, основною причиною нещасних випадків зазвичай є не тільки техніка, а й сам працівник, який з певних причин ігнорує правила техніки безпеки, порушує встановлені процедури роботи або не використовує передбачені засоби захисту [5]. Дослідження психологічних чинників нещасних випадків на одному з машинобудівних

підприємств показало, що у 76,5 % випадків відповідальність за травматизм лежала на самих потерпілих, у 6,1 % – на інших працівниках, тоді як лише 10,7 % випадків були викликані технічними несправностями, а 6,7 % – організаційними недоліками [5].

Проблеми охорони праці залишаються актуальними як у світовому масштабі, так і в Україні [6]. Щороку у світі через нещасні випадки на робочих місцях гине 2,3 мільйона людей, що складає приблизно 6000 смертей щодня [6]. Крім того, щороку реєструється близько 340 мільйонів виробничих травм і 160 мільйонів випадків професійних захворювань [6]. В Україні ситуація також є тривожною. На кожні 100 000 працівників припадає близько 11 загиблих на рік, що є одним з найгірших показників серед інших країн [6]. Згідно з даними статистики, за 9 місяців 2019 року, на підприємствах України було травмовано 2362 чоловіків та 908 жінок [7]. Найбільший рівень травматизму спостерігався серед працівників віком 50–59 років [7]. Також у 2019 році кількість травм, пов'язаних з експлуатацією обладнання, склала 875 випадків, з яких 109 зі смертельними наслідками [7].

За даними Міжнародної організації праці, щорічно в світі фіксують близько 340 млн нещасних випадків на виробництві та 160 млн жертв професійних захворювань [8]. Щороку з цих же причин гине 2,3 млн людей [8]. З 2022 по 2024 рік в Україні спостерігається постійне зростання загальної кількості виробничих травм [9]. Зокрема, у 2024 році фіксується рекордно висока кількість інцидентів, що може свідчити про посилення ризиків на виробництвах або недостатню ефективність безпекових заходів [9]. У 2023 і 2024 роках спостерігається більш різке зростання кількості випадків порівняно з 2022 [9]. Це може свідчити про зниження уваги до питань безпеки або про зростання кількості працівників в небезпечних умовах через економічні чинники [9].

Сучасні технології значно підвищують ефективність заходів безпеки на виробництві [10]. Впровадження автоматизованих систем дозволяє знизити ризик виникнення небезпечних ситуацій за рахунок зменшення участі людини в небезпечних

операціях [10]. Зокрема, на підприємствах почали застосовувати захисне взуття з композитним матеріалом, яке зменшує втому працівника та ефективно захищає від травм [10]. Розумне взуття – менш традиційний елемент засобів індивідуального захисту, проте його популярність останнім часом зростає [10]. Смарт-черевики мають вбудовані датчики, що визначають, якщо людина впала або вдарилася і негайно повідомляють про місцезнаходження потенційного потерпілого [11]. На ринку засобів захисту з'являються інноваційні рішення для захисту від падіння – вертикальні та горизонтальні анкерні системи – які дозволяють працівникам виконувати складну та небезпечну роботу з почуттям впевненості та безпеки [12]. Також популярність набирають «розумні» шоломи, обладнані GPS-маячками, які контролюють наявність захисного спорядження у працівника та його місцезнаходження на виробництві [13]. Такий пристрій забезпечує не лише надійний захист, але й розумне відстеження та сповіщення про небезпеку. Використання таких пристроїв дозволяє істотно зменшити ризик травматизму [13].

Таким чином, для досягнення максимального рівня безпеки на підприємстві необхідно не тільки впроваджувати сучасні технології, але й забезпечувати системний підхід до навчання персоналу, організації робочих процесів та врахування індивідуальних особливостей працівників. Тільки так можна ефективно знизити рівень виробничого травматизму та забезпечити належні умови праці. Інноваційні заходи безпеки, такі, як використання сучасного захисного взуття чи спецодягу, є дуже ефективними, але водночас може бути досить витратним для підприємств. Однак існують також доступні рішення, які можуть бути не менш ефективними. Наприклад, регулярне технічне обслуговування обладнання, чіткий інструктаж працівників, контроль за виконанням правил і організація безпечних робочих зон є важливими аспектами безпеки. Ефективність таких заходів значною мірою залежить від дисциплінованості працівників та їхньої відповідальності щодо дотримання норм безпеки.

**Перелік використаних джерел:**

1. Охорона праці – Ключові аспекти безпеки та здоров'я на робочому місці. URL: [https://protocol.ua/ua/ohorona\\_pratsi\\_klyuchovi\\_aspekti\\_bezpeki\\_ta\\_zdorov\\_ya\\_na\\_robochomu\\_mistsi/](https://protocol.ua/ua/ohorona_pratsi_klyuchovi_aspekti_bezpeki_ta_zdorov_ya_na_robochomu_mistsi/) (дата звернення: 23.10.2024).
2. Основні заходи щодо запобігання травмам та професійним захворюванням. URL: <http://nkkep.com/wp-content/uploads/2020/04/Dodatok-1.-Zahody-shho-zapobigannya-NV.pdf> (дата звернення: 23.10.2024).
3. Які заходи має вжити роботодавець щодо охорони та гігієни праці. URL: <https://profpressa.com/news/shchodo-okhoroni-ta-gigiyeni-pratsi-na-virobnitstvi> (дата звернення: 23.10.2024).
4. Засоби індивідуального захисту на підприємстві. Обов'язки роботодавця і права працівника – Охорона праці і пожежна безпека. URL: <https://oppb.com.ua/news/zasoby-individualnogo-zahystu-na-pidpriyemstvi-obovyazky-robotodavcy-i-prava-pracivnyka> (дата звернення: 23.10.2024).
5. Проблеми організації охорони праці на підприємстві. URL: <https://evrovektor.com/ua/article/problemi-organizaciji-okhoroni-praci-na-pidpriyemstvi> (дата звернення: 24.10.2024).
6. Дідур К. М., Дмитрюк С. П. Економічні наслідки виробничого травматизму. С. 96. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/8177/1/Стаття.pdf> (дата звернення: 24.10.2024).
7. Аналіз нещасних випадків за 9 місяців 2019 р. Журнал «Охорона праці і пожежна безпека. Спецвипуск». URL: <https://e.sv.oppb.com.ua/okhorona-pratsi-i-pozhezhna-bezpeka-spetsvypusk-2020-1/analiz-neshchasnykh-vypadkiv-za-9-misyatsiv> (дата звернення: 24.10.2024).
8. День охорони праці 2021 – кількість випадків виробничого травматизму в Україні. URL: <https://www.slovovidilo.ua/2021/04/28/infografika/suspilstvo/travmatyzm-vyrobnycztvi-skilky-bulovypadkiv-najnebezpechnishe-pracyuvaty-ukrayini> (дата звернення: 24.10.2024).
9. Стан виробничого травматизму – Державна служба України з питань праці. URL: <https://dsp.gov.ua/stan-vyrobnuchoho-travmatyzmu/> (дата звернення: 26.10.2024).
10. Використання технологій безпеки на робочому місці або сучасні технології в охороні праці. URL: <https://www.bezpeka-shop.com/>

- ua/blog/poleznye-sovety/ispolzovanie-tekhnologiy-dlya-bezopasnosti-na-rabochem-meste-ili-sovremennye-tekhnologii-v-okhrane-t/ (дата звернення: 26.10.2024).
11. Innovations and Visions – ELTEN GmbH. URL: <https://elten.com/en/about-us/innovations-and-visions/> (дата звернення: 26.10.2024).
  12. Understanding Fall Arrest Systems – SafeRack. URL: <https://www.saferack.com/fall-arrest-systems-common-elements/> (дата звернення: 26.10.2024).
  13. GPS Smart Helmet – My Safe Work. URL: <https://mysafework.au/gps-smart-helmet/> (дата звернення: 26.10.2024).

## **ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО НЕГАТИВНО ВПЛИВАЮТЬ НА ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ, ТА ШЛЯХИ ЇХ ЗНИЖЕННЯ**

***Мішин О. А.***

*студент, група 051-23-1м,*

*спеціальність «Бізнес-процеси та операційна ефективність»,  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Для України металургійна галузь це основні підприємства що отримують великі прибутки, й основні експортери продукції які забезпечують надходження іноземної валюти в країну. У довоєнний період ГМК забезпечувала понад 25 % промислового виробництва і майже 34 % загального експорту товарів [1]

У 2024 р. очікуване зростання обсягів виробництва сталі в порівнянні з 2023 р. складе 17 %, але підприємства в середньому завантажені всього на 60 % від довоєнного періоду [2; 3].

Системний підхід до аналізу операційної ефективності економічної діяльності дозволить визначити пріоритетні напрямки розвитку бізнес-процесів у короткостроковій та середньостроковій

перспективах, що до дасть змогу пройти кризовий період з мінімально можливими втратами та зберегти позиції на ринку.

Умовно можна виділити три ключові напрями для аналізу і пошуку шляхів підвищення операційної ефективності: обсяги виробництва, ціна реалізації продукції та собівартість продукції.

Розглянемо основні негативні фактори, що впливають на обсяги виробництва та можливі шляхи їх усунення.

1. Ключовий параметр – Питома продуктивність.

1.1. Негативний фактор – Низька кваліфікація персоналу (відсутність профільної освіти).

Шляхи усунення:

1) розробка і впровадження коротких освітніх курсів із залученням у якості викладачів досвідчених працівників. Акцент на первісні навички безпосередньо необхідні для опанування професії;

2) оснащення учбових «полігонів» для навчання практичним навичкам виконання робіт в умовах наближених до виробництва;

3) закріплення не досвідчених працівників за досвідченими для переймання навичок безпосередньо на виробництві та отримання оперативного зворотного зв'язку.

1.2. Негативний фактор – Низька кваліфікація персоналу (недостатній досвід роботи).

Шляхи усунення:

1) впровадження автоматизації для зниження впливу «людського фактору» на виробничий процес;

2) впровадження системи швидкого реагування при відхиленнях параметрів технологічного процесу.

1.3. Негативний фактор – Дефіцит персоналу.

Шляхи усунення:

1) впровадження систем додаткової фінансової мотивації для створення конкуренції на ранку праці у регіонах присутності;

2) впровадження заходів що до поліпшення умов праці та покращення санітарно-побутових умов.

2. Ключовий параметр – Простоти устаткування.

2.1. Негативний фактор – Аварійні простоти (інжиніринг).

Шляхи усунення:

1) впровадження та розвиток системи превентивного обслуговування устаткування (ТРМ);

2) впровадження та розвиток систем онлайн-моніторингу ключових параметрів роботи устаткування.

2.2. Негативний фактор – Планові простои на ТО/ТР.

Шляхи усунення:

1) визначення оптимального міжремонтного часу з урахуванням часу фактичної роботи устаткування та фактичних обсягів виробництва;

2) складання детального плану проведення ремонтних дій з визначенням «критичного шляху ремонту» на основі аналізу послідовних та паралельних операцій та оптимізації розподілення ремонтного персоналу.

2.3. Негативний фактор – Технологічні простои на переоснащення/переналадку.

Шляхи усунення:

Впровадження та розвиток інструменту SMED (Single Minute Exchange of Dies) для скорочення часу проведення переоснащення.

На підставі вищевикладеного:

1. Війна негативно вплинула на металургійну галузь. Підприємства, що залишились на підконтрольній території України завантажені в середньому на 60 % від довоєнного часу.

2. Для отримання прибутку підприємствам необхідно зосередитись на впровадженні заходів що до підвищення операційної ефективності, в т. ч. збільшення обсягів виробництва.

3. Зважаючи на обмеження інвестиційної спроможності значна частина запропонованих шляхів зниження впливу негативних факторів носять організаційний характер.

#### **Перелік використаних джерел:**

1. Смолінська Н., Равок С. Аналіз стану металургійної галузі України в умовах війни. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2023. Вип. 2. С. 2.

2. Українські метпідприємства у 2024 році можуть збільшити виплавку сталі до 7,3 млн т // GMK center [Електроний ресурс]. URL: <https://gmk.center/ua/news/ukrainski-metpidpriemstva-u-2024-roci-mozhut-zbilshiti-viplavku-stali-do-7-3-mln-t/> (дата звернення: 30.10.2024).
3. Довідник аналітика. Фінансовий рік 2021. [Електроний ресурс]. URL: <https://metinvestholding.com/ua/investor/reportresults> (дата звернення: 03.11.2024).

## **ОСОБЛИВОСТІ ПСИХІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ПРАЦІВНИКІВ У СФЕРІ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ (НА ПРИКЛАДІ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ)**

***Підлужна С. І.***

*студентка, група СНз-123м,*

*Національний університет «Запорізька політехніка»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Дослідження має на меті поглиблено розглянути вплив умов праці (робоче навантаження, організація праці, соціальна підтримка тощо) на психічну стійкість працівників газорозподільних підприємств, щоб підвищити розуміння і важливість психічної підготовки та підтримки цих спеціалістів. Визначити найбільш дієві стратегії виходу зі складних життєвих та професійних ситуацій для поліпшення умов праці, шляхом створення системи психологічної підтримки. Розробити відповідні рекомендації для роботодавців і спеціалістів для зменшення ризиків професійного вигорання та підвищення ефективності роботи.

Робота на підприємствах, що розподіляють природний газ споживачам, характеризується високими професійними ризиками, що зумовлює підвищену психічну та емоційну напругу серед працівників. Проте, попри значимість цієї теми, вона досі

залишається майже не дослідженою спеціалістами в області організаційної психології.

Аналіз наукових джерел показує, що питання психічної стійкості працівників у сферах з високим рівнем ризику широко досліджується для таких професій, як рятувальники ДСНС, працівники поліції та медики. Проте для працівників газорозподільних підприємств, які також виконують роботу з високим ступенем ризику та відповідальності, дослідження є значно обмеженими та часто зводяться лише до питань зниження виробничого травматизму й психофізіологічної експертизи [1; 2; 3].

Навіть на рівні визначень є суттєва відмінність. Роботи рятувальників ДСНС називають роботою в «екстремальних умовах», працівники підприємств газорозподільної системи, виконують «роботи підвищеної небезпеки». Порівняння цих визначень: «екстремальні умови – виняткові, особливі, надзвичайні обставини, що загрожують життю і здоров'ю людей, мають вплив стрес-факторів, сприймаються та оцінюються як небезпечні, складні, безвихідні ситуації, унаслідок чого підвищують тривожність, емоційну напруженість, створюють психотравмуючий вплив на психіку людини» [4] і «робота підвищеної небезпеки – робота в умовах впливу шкідливих та небезпечних виробничих чинників або така, де є потреба у професійному доборі, чи пов'язана з обслуговуванням, управлінням, застосуванням технічних засобів праці або технологічних процесів, що характеризуються підвищеним ступенем ризику виникнення аварій, пожеж, загрози життю, заподіяння шкоди здоров'ю, майну, довкіллю» [5] дає можливість зробити висновок, що і робота в «екстремальних умовах» і «роботи підвищеної небезпеки» загрожують життю і здоров'ю людей, проте «екстремальні умови» «створюють психотравмуючий вплив на психіку людини», а «роботи підвищеної небезпеки» – ні.

Насправді робота працівників газорозподільних підприємств викликає психологічну травматизацію.

По-перше, виконання газонебезпечних робіт, як основного виду робіт підвищеної небезпеки, може спричинити вибух

газоповітряної суміші або її загоряння. Надмірна концентрація природного газу в закритому приміщенні може викликати задуху у людини.

По-друге, окрім ризиків викликаних наслідками витоків газу, надвідповідальність лежить на працівниках, які виконують налаштування, обслуговування та ремонт газорегулюючого обладнання, працівниках аварійно-диспетчерської служби. Оскільки їх робота напряму пов'язана з безпекою людей, що користуються газом і цілісністю газорозподільної інфраструктури, особливо після ушкоджень, які завдають системі газопостачання постійні обстріли збройних сил рф.

Результати дослідження можливо використати при професійному відборі та навчанні персоналу підприємств, вони можуть слугувати основою для розробки критеріїв відбору нових працівників. Виходячи з аналізу рівня психічної стійкості, можна створити програми психологічної підтримки та адаптації для працівників. Отримані дані можуть бути використані для аналізу та вдосконалення існуючих інструкцій з охорони праці та протоколів безпеки. Це дозволить краще організувати робочий процес, наприклад, шляхом впровадження більших гнучких робочих графіків або додаткових перерв у роботі.

#### **Перелік використаних джерел:**

1. Воронцова Н.Є. Роль психофізіологічної експертизи у профілактиці виробничого травматизму. *Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування* : збірник тез XIX Міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів, м. Київ, Україна, 25–29 березня 2019 року. Київ, 2019. 161 с. Збірник тез рекомендовано до друку рішенням науково-технічної ради, 2019, 13.
2. Nguhorian Olena. Сучасні аспекти психофізіологічного відбору працівників для виконання робіт підвищеної небезпеки. *Family medicine*. 2021. 5–6: 83–88.
3. Коробчанський В. О., Григорян О. В. Аналіз захворюваності серед працівників, які виконують роботи підвищеної небезпеки.

- Український журнал медицини, біології та спорту.* 2018. 3, № 6. С. 221–227.
4. МВС, Наказ «Про затвердження Порядку психологічного забезпечення в Державній службі України з надзвичайних ситуацій» від 31.08.2017 № 747.
  5. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05).

## **ВИКОРИСТАННЯ СКОРИНГОВИХ МЕТОДИК ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ**

***Гойденко О. В.***

*магістрант,*

*Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Севастьянов Р. В.***

*кандидат економічних наук, доцент, доцент,  
кафедра підприємництва, торгівлі та біржової діяльності,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

*м. Запоріжжя, Україна*

У роботі розглянуто ключові аспекти ефективного інвестування в сучасних умовах, з акцентом на необхідність мінімізації ризиків та прагнення до максимізації прибутку. Автори обговорюють їх переваги, такі як простота використання, швидкість та універсальність, а також недоліки, включаючи обмеженість критеріїв, що враховуються при оцінці, та схильність до ранжування проєктів за числовими показниками.

В Україні внаслідок війни інвестиційне середовище зазнало суттєвих змін. Замість попиту на бізнес-центри, торговельні мережі, інфраструктуру або енергетику, наразі найбільший розвиток спостерігається в проєктах, пов'язаних з оборонною промисловістю. Тим не менше, існує загальне переконання у початку відновлення України після завершення конфлікту. Також

прогнозується значний обсяг інвестицій у відновлення, розширення та модернізацію інфраструктури, промисловості, енергетики та інших галузей.

Ці системи діють наступним чином. Збираються дані клієнтів, які можуть включати в себе вік, сімейний стан, освіту, місце проживання, кредитну історію, місце роботи та посаду, кількість дітей та ще багато параметрів, на основі чого будується математична модель, що дозволяє встановити певний рейтинг в балах для кожного позичальника. При цьому, чим вищий цей рейтинг, тим більше вірогідність, що позичальник успішно поверне кредит банку. Відповідно, при зниженні рейтингу до певного порогу, банк може або відмовити у наданні кредиту, або встановити більш жорсткі умови повернення умови, застави чи поруки, процентної ставки. Найбільш відомі на сьогодні такі системи, як FICO(Fair Isaak Corporation), VantageScore.

Також, треба відзначити, що в кредитному скорингу існують 2 напрямки, це:

- Application-скоринг, який оцінює кредитоспроможність клієнта;
- Fraud-скоринг, який оцінює ймовірність шахрайства.

Як перший, так і другий, у своєму розрахунку користуються певними наборами факторів про клієнта і дозволяють оцінити будь-кого, нарахувавши відповідну кількість балів, щоб прийняти рішення про надання чи ненадання позики. Треба також додати, що існують в скоринг-методіках також «стоп-фактори», при наявності яких у кредиті гарантовано відмовляють – це можуть бути тюремний термін, наявність непогашених (або про термінованих у минулому) кредитів чи інші фактори.

Якісні методи оцінювання інвестиційних проєктів, такі як експертна оцінка, методика аналізу ієрархій (MAI), Strategic Technology Assessment Review (STAR), і Industrial Research Institute Technique (IRI), мають свої вагомі переваги, але також і недоліки, які варто враховувати при їх використанні.

Скорингові методиками, такі як метод Брукса, Bill Payne Method, стартап-студій Flagship Pioneering, Ioniq, M13, Rocket-internet

та інші, призначені для оцінювання інвестиційних проєктів на основі комплексу кількісних та якісних критеріїв. Вони надають можливість поєднувати різні типи показників і методів оцінювання, що дозволяє отримувати всебічне уявлення про потенціал проєкту.

Таблиця 1

**Запропонована система  
скорингової оцінки інвестиційного проєкту**

Фактори для порівняння					Бал		Коефіцієнт
кількість балів		3	2	1	мін	макс	
Команда	<i>Наявність команди</i>	Є усі необхідні фахівці	Є більша частина фахівців	Фахівців потрібно шукати на ринку праці	1	3	0,4
	<i>Якість команди</i>	Є успішний досвід та репутація у реалізації подібних проєктів	Є досвід, але не підтверджений	Досвіду немає	1	3	
	<i>Мотивація команди</i>	Впевнені в успіху, є готовність до участі своїми коштами у значних обсягах	Впевнені в успіху, вкладати кошти не готові	Успіх не гарантує, вкладати кошти не готові	1	3	
Ринок	<i>Обсяг ринку</i>	1 млрд євро і більше	100 млн євро і більше	До 100 млн євро	1	3	0,3
	<i>Зростання ринку</i>	Більше 10 % за рік	Від 5 до 10 % за рік	До 5 % за рік	1	3	
	<i>Конкурентне середовище</i>	Висококонкурентний ринок	Помірний рівень концентрації	Наявна олігополія	1	3	

Продовження таблиці 1

Фактори для порівняння					Бал		Коефіцієнт
кількість балів		3	2	1	мін	макс	
Ринок	<i>Наявність каналів збуту</i>	Існує розгалужена мережа для реалізації	Канали збуту є, але в невеликій кількості	Каналів збуту не існує, питання не допрацьоване	1	3	0,3
	<i>Очікувана ліквідність інвестицій</i>	Висока ліквідність, проєкт можливо закрити без значних фінансових втрат	Середня ліквідність, проєкт можливо закрити із фінансовими втратами не більшими 50 % інвестицій	Маленька ліквідність або повна втрата інвестицій у разі невдачі проєкту	1	3	
Продукт	<i>Потреба у продукті</i>	Потрібен часто, потрібен усім	Потрібен певним категорії населення	Потрібен лише невеликому прошарку населення	1	3	0,3
	<i>Конкурентна перевага та унікальність продукту</i>	Продукт унікальний або перевершує аналогічні за деякими критеріями	Продукт кращій за аналоги в якомусь з критеріїв	Продукт принципово не відрізняється від наявних	1	3	
	<i>Можливість виробництва продукту</i>	Існує можливість почати виробництво через невеликий (0–6 міс.) проміжок часу	Існує можливість почати виробництво через середній (6–12 міс.) проміжок часу	Для початку виробництва потрібен рік або більше	1	3	

Закінчення таблиці 1

Фактори для порівняння					Бал		Коефіцієнт
кількість балів		3	2	1	мін	макс	
Продукт	<i>Рентабельність виробництва</i>	Рентабельність вища 50 %	Рентабельність від 10 до 50 %	Рентабельність менша 10 %	1	3	0,3
	<i>Наявність тестових зразків</i>	Існує тестовий зразок	Тестовий зразок у стадії доопрацювання	Тестового зразка немає, є лише теоретичний задум	1	3	
	<i>Можливість реалізації технічної складової проекту</i>	Цілком можлива	Потрібні незначні дослідження	Потрібне значне дослідження для підтвердження теоретичних розрахунків	1	3	
Розрахунок мінімально та максимально можливої кількості балів:					<b>4,5</b>	<b>13,5</b>	

Таким чином, найменша можлива оцінка, з урахуванням ризику, може дорівнювати 0,56 а найбільша 13,5 балів. Такий розрахунок дозволяє інвестору зробити швидкий попередній аналіз старту відносно інших перед тим, як витратити час та ресурс для поглибленого вивчення проекту, подальшого спілкуванням з ініціаторами проекту, розробки ТЕО та інших етапів. Автори публікації розглядають важливість ефективного інвестування, акцентуючи увагу на необхідності мінімізації ризиків та вибору стратегій, які максимізують прибуток. ня конфлікту. Запропонована спрощена скорингова методика КРПР, яка дозволяє інвесторам оцінювати чотири основні критерії інвестиційного проекту: команду, ринок, продукт, та ризик. Автори надають формулу для розрахунку скорингу, яка включає оцінку цих критеріїв та коефіцієнт ризику.

## **ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО ЗОРУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПЕРЕБУВАННЯ ЛЮДИНИ В НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗОНАХ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

***Серба М. Д.***

*студент, Інженерний навчально-науковий інститут  
ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету  
м. Запоріжжя, Україна*

Металургійне виробництво пов'язане з підвищеними ризиками для здоров'я та життя працівників. Небезпечні зони, такі як зони високих температур, роботи з важким обладнанням і небезпечними речовинами, потребують суворого контролю, щоб уникнути випадкових травм і знизити рівень нещасних випадків. Традиційні методи контролю передбачають використання датчиків, систем відеоспостереження, ручного моніторингу та сигналізації, але їх недостатньо для забезпечення повної безпеки, оскільки вони не завжди можуть вчасно ідентифікувати людину в небезпечній зоні. Це зумовлює актуальність застосування технологій машинного зору, які забезпечують високоточне розпізнавання об'єктів у режимі реального часу та здатні автоматизувати процес моніторингу.

Головною проблемою є необхідність створення автоматизованої системи, що в реальному часі відстежує перебування людини в заборонених або небезпечних зонах виробництва, забезпечуючи швидке сповіщення для оперативного реагування. Використання технологій машинного зору ускладнюється потребою адаптації моделей для умов металургійного виробництва, що характеризуються високою температурою, пилом і недостатнім освітленням. У таких умовах стандартні алгоритми розпізнавання об'єктів можуть давати помилки, що може призвести до хибних спрацювань або, навпаки, пропуску подій.

Машинний зір активно застосовується в різних сферах, включно з виробничою галуззю, проте його інтеграція

у металургію має певні технічні обмеження. Існуючі алгоритми на основі глибоких нейронних мереж, такі як YOLO, Faster R-CNN та інші, демонструють високу точність у розпізнаванні об'єктів. Проте їх адаптація для середовища металургійного виробництва потребує додаткової тренувальної вибірки, яка враховує специфіку цього середовища: високу температуру, низьку видимість та перешкоди (дим, іскри). Крім того, інтеграція таких систем з існуючими методами безпеки (сигналізація, віддалене управління обладнанням) є складним процесом, який потребує додаткових інвестицій. Однак переваги впровадження автоматизованих систем на базі машинного зору значно переважають, оскільки такі системи можуть в реальному часі ідентифікувати появу людини в небезпечних зонах і миттєво активувати сповіщення або запобіжні механізми.

Застосування машинного зору для виявлення перебування людини в небезпечних зонах металургійного виробництва є перспективним напрямом, який дозволяє суттєво підвищити рівень безпеки та зменшити ризик нещасних випадків. Розробка адаптованих алгоритмів розпізнавання для складних виробничих умов є критичним завданням. Дослідження в цьому напрямі повинні фокусуватися на створенні високоточних та надійних моделей, здатних працювати в агресивних виробничих середовищах.

#### **Перелік використаних джерел:**

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
2. Szeliski, R. (2010). Computer Vision: Algorithms and Applications.

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНОЇ СТІЙКІСТІ  
ВИСОЧАСТОТНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА  
ПРИ ЖИВЛЕННІ ІНДУКЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВОК**

***Сергієнко І. В.***

*студент, група Е-714м,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Зіновкин В. В.***

*доктор технічних наук, професор, професор,  
кафедра електроприводу та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Крисан Ю. О.***

*кандидат технічних наук, доцент, доцент,  
кафедра електроприводу та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Техніко-економічні показники індукційних технологічних установок показують, що при їх роботі виникає низка факторів, що впливають на ефективність їх роботи. Тому доцільно виконати науково-технічні дослідження встановлення причинно-наслідкових факторів і впливу їх на статичну стійкість як визначального показника надійної роботи височастотного синхронного двигуна.

При дослідженні розглядається спрощена схема живлення індукційної технологічної установки з елементами компенсації реактивної потужності.

**Актуальність дослідження** підтверджується вимогами практики щодо підвищення ефективності роботи індукційних установок шляхом компенсації реактивної потужності та запобігання аварійних ситуацій порушення технологічного процесу та упередження аварійного виходу із ладу синхронного генератора.

**Об'єкт дослідження** представляє собою сукупність причинно-наслідкових факторів у поєднанні із оптимізацією статичної стійкості високочастотної машини.

**Мета дослідження** полягає у встановленні низки причин та наслідків, що призводять до погіршення надійності синхронного генератора та розробці методів їх усунення або компенсації.

**Наукова новизна** полягає у розробці математичних моделей впливу комутаційних процесів та низки причинно-наслідкових факторів на електромагнітні процеси в порожнинні синхронної машини.

На підставі експериментального дослідження роботи машини на індукційній установці отримано низку інформації, що приведені на рис. 1-7.

На рис. 1 видно пошкодження валу, обмоток, магнітної системи та ін. в наслідок впливу кумулятивних ефектів різного фізичного характеру.

**Рис. 1.** Загальний вигляд статора із явними пошкодженнями лобової частини внаслідок дії електротермічного та інших процесів



**Рис. 2.** Фрагмент пошкодження статорної обмотки та наявні очаги оголення окремих витків обмотки, що очевидно і призвело до пробою та поширення електротермічного процесу в генераторі



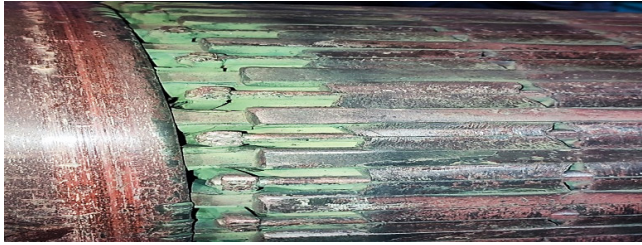
**Рис. 3. Наслідки дії сукупності перевищень навантаження, електротермічного процесу, електродинамічних зусиль в лобовій частині статорної обмотки генератора (зліва видно розвиток короткого замикання в місцях оголення ізоляції, біля 20 оголень ізоляції (дивись весь фрагмент))**



**Рис. 4. Зовнішній вигляд ротора пошкодженого високочастотного однофазного генератора. Зовні видно поверхневі пошкодження та наслідки деяких механічних та електричних пробоїв ізоляції**



**Рис. 5. Фрагмент механічного пошкодження (трищина) в роторі, що є показником багаточисельних електродинамічних процесів внаслідок коротких замикань (Відомо, що короткі замикання призводять до формування і розвитку низки небезпечних електромагнітних процесів внаслідок великих значень полів розсіювання в порожнині устаткування)**



**Рис. 6. Фрагмент дії електротермічного процесу в роторі та наслідки механічних електродинамічних процесів**



**Рис. 7. Фрагмент дії електротермічного та електродинамічного процесів, що відбувалися в роторі машини**

Висновки по результатам ревізії стану устаткування:

1. Таким чином, приведені результати і їх аналіз, свідчать про досить велику кількість пошкоджень, що мали місце у високочастотному однофазному генераторі в процесі живлення індукційної установки внаслідок порушення умов експлуатації та низки інших електротехнічних вимог.

2. Доцільно розглянути низку режимів при сумісній роботі електротехнічного та електротехнологічного устаткування.

Для вирішення поставленого завдання доцільно виконати аналіз режимів електротехнічного устаткування та їх узгодженість.

На підставі систематизації і послідууючого аналізу та в поєднанні із логічною послідовністю взаємодії електротехнічного устаткування технологічного комплексу можливо стверджувати, що визначальною причиною аварії синхронного двигуна є доволі

часті не контрольовані комутаційні процеси, а другорядними – струми та перезбудження магнітопроводу. Їх негативний вплив на поточний технічний стан машини визначається в порядку їх розгляду та в процентному відношенні складає біля 75 %, 20 % та 15 %, відповідно. В сукупності такі режими призвели до формування та подальшого розвитку кумулятивного ефекту в системі збудження бігучого електромагнітного поля розсіювання (переважно в статорі) та в магнітній системі (переважно в роторі). Поряд з наведеним не виключається наявність виткових коротких замикань та гальванічних утворень між обмоткою ротора та магнітною системою про що свідчать теплові переважання машини.

### Математичне моделювання нестационарних процесів

Вважаємо, що значенням напруги (по модулю) на кінцях лінії  $U(\ell)=U(0)=U_{\phi}$  перепади напруги  $(\ell)>u(0)$ . Використовуємо математичну модель протікання електромагнітних процесів відносно напруг чотириполюсника в наступному вигляді:

$$\dot{U}(0) = A\dot{U}(\ell) + B\dot{I}(\ell). \quad (1)$$

Відзначимо, що в якості реактора ми використовуємо індуктивності генератора і печі. Вважаємо, що напруга на шинах печі збігається з віссю дійсних величин  $\dot{U}(\ell) = U(\ell)$ , а напруга на шинах генератора випереджає цю напругу на кут  $\theta$ , тобто:

$$\dot{U}(0) = U(0) \times (\cos \theta + j \sin \theta).$$

Тоді:

$$\dot{I}(\ell) = \frac{\dot{U}(0) - A \times U(\ell)}{B} = jU(0) \frac{\sin \theta}{B} + \frac{U(0) \cos \theta - A \times U(0)}{B}.$$

Для лінії без реакторів ( $A=\cos\beta\ell$ ;  $B=jz_c\sin\beta\ell$ ):

$$\dot{I}(\ell) = \frac{U(0)}{z_c} \frac{\sin \theta}{\sin \beta \ell} - j \frac{U(0) \cos \theta - U(\ell) \times \cos \beta \ell}{z_c \sin \beta \ell} = I_a - jI_p.$$

При  $U(0)=U(\ell)=U_{\phi}$  активна та реактивна складові передається струму, (виражені у відносних одиницях), рівні активної

та реактивної потужності також у відносних одиницях, тобто в долях  $P_{\text{нат}}$ ,

$$I_a = \frac{U_\phi}{z_c} \frac{\sin \theta}{\sin \beta \ell}; \quad I_p = \frac{U_\phi}{z_c} \frac{\cos \theta - \cos \beta \ell}{\sin \beta \ell}.$$

Якщо  $\theta = \beta \ell$ , то  $I_a = U_\phi / z_c$  та  $I_p = 0$  – активна потужність, що передається, дорівнює натуральній, а реактивна потужність дорівнює нулю. Це означає, що по всій довжині лінії вектори напруги і струму збігаються фазою, тобто при переході від однієї точки лінії до іншої повертаються на один і той же кут  $d\theta = \beta d\ell$ . Модулі струмів та напруги не змінюються вздовж лінії.

**Висновки.** Огляд і аналіз технічного стану електротехнічного устаткування мережі постачання електричної енергії в індукційну установку в поєднанні із результатами теоретичними дослідженнями дозволяє сформулювати визначальні наступні висновки.

Високочастотний однофазний синхронний генератор може мати аварійний стан внаслідок багато чисельних комутуючих і не контрольованих перевантажень, які збуджувались:

- не налагодженими механічними вузлами перемикаючих пристроїв;
- окремими неузгодженостями між блоками конденсаторних батарей;
- збросами реактивної складової напруги в генератор внаслідок дії перехідного процесу при якому реактивний опір машини може перевищувати номінальні показники до 15–20 %;
- перетоками реактивної потужності під час зміни технологічного процесу, налагодження режимів та відхилень від оптимальних режимів компенсації реактивної потужності.

**МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ОСОБЛИВОСТЕЙ УДОСКОНАЛЕННЯ  
УПРАВЛІННЯ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ  
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД**

***Коберняк Д. О.***

*здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня,  
група БТЕ-1012, Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Лобань С. І.***

*аспірант, спеціальність 073 «Менеджмент»,  
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потемні  
Запорізького національного університету*

***Сергієнко Т. І.***

*кандидат політичних наук, доцент, доцент,  
кафедра бізнесу та управління,  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна*

Актуальність обраної теми обумовлена тим, що в післявоєнний період питання розвитку промислових підприємств стало важливою частиною глобальної економічної трансформації, оскільки багато країн прагнули до відновлення своїх економік, а також впровадження нових підходів до економічного росту з урахуванням екологічних та соціальних аспектів.

Мета дослідження полягає у дослідженні міжнародного досвіду удосконалення управління промисловими підприємствами в контексті сталого розвитку в післявоєнний період. Завдання полягає у проведенні аналізу міжнародного досвіду щодо вдосконалення управління промисловими підприємствами у контексті сталого розвитку, зокрема в Німеччині, Швеції, Японії та США.

Після закінчення Другої світової війни більшість розвинених країн зосереджувалися на відновленні своїх економік і промисловості. Одним із ключових аспектів було відновлення інфраструктури, модернізація виробництва та забезпечення стабільного

економічного зростання. Проте, у міру того, як промисловість відновлювалася, ставало зрозуміло, що слід більше уваги приділяти не лише швидкому відновленню виробництва, а й сталому розвитку – в економічному, соціальному та екологічному вимірах.

У післявоєнний період багато країн почали розробляти нові моделі управління для забезпечення сталого розвитку промислових підприємств. Зокрема, можна виділити кілька важливих міжнародних тенденцій. Так, наприклад, після війни Німеччина зіштовхнулася з необхідністю відновлення промисловості. У Західній Німеччині активно використовували модель «Соціального ринкового господарства», яка поєднувала ринкові механізми з соціальними гарантіями. Це включало в себе увагу до екології, здоров'я працівників та забезпечення стабільного соціального захисту. В скандинавських країнах (Швеція, Норвегія, Данія) післявоєнне відновлення супроводжувалося розвитком соціально орієнтованої моделі економіки. У Швеції, зокрема, активно застосовували принципи сталого розвитку в промисловості, акцентуючи увагу на екологічних стандартах і підвищенні якості життя. Японія, переживши катастрофічні наслідки війни, зосередилася на відновленні промисловості через інноваційні технології. Японці значно удосконалили управлінські практики на підприємствах, зокрема через використання принципів «Тотального управління якістю» (TQM) та концепції «Kaizen» (постійне покращення), що включає в себе покращення виробничих процесів з акцентом на мінімізацію відходів і ресурсів, що також стало частиною стратегії сталого розвитку. Щодо Сполучених Штатів Америки, то після Другої світової війни США стали центром індустріалізації та науково-технічного прогресу. Важливим етапом стало створення нових стандартів управління, спрямованих на сталий розвиток, таких як впровадження екологічних стандартів та нових технологій, зокрема в автомобільній та енергетичній галузях.

Тож, міжнародний досвід показує, що удосконалення управління в контексті сталого розвитку підприємств включає в себе кілька важливих напрямів:

– Підприємства почали впроваджувати системи управління навколишнім середовищем (наприклад, ISO 14001), спрямовані на зменшення впливу виробництва на довкілля. Важливими стали заходи з енергозбереження, зменшення викидів CO<sub>2</sub>, переробка відходів та використання відновлюваних джерел енергії.

– У післявоєнний період все більше уваги приділяли соціальної відповідальності. Підприємства стали враховувати не тільки економічні, але й соціальні аспекти, такі як забезпечення справедливих умов праці, захист прав працівників, розвиток місцевих громад.

– Для забезпечення сталого розвитку необхідно було використовувати новітні технології. Інноваційне управління, яке включає використання автоматизації, інформаційних технологій та нових виробничих процесів, дозволяло підприємствам не тільки підвищувати ефективність, але й зменшувати вплив на навколишнє середовище.

– Сучасні підприємства почали активно впроваджувати принципи економії ресурсів, спрямовані на зменшення споживання природних ресурсів і перехід до моделі циркулярної економіки, де відходи від одного етапу виробництва можуть бути використані на наступному.

Попри значний прогрес у вдосконаленні управління промисловими підприємствами в контексті сталого розвитку, існують ще певні виклики. Тож, для того, щоб підприємства могли успішно інтегрувати принципи сталого розвитку, потрібна підтримка з боку держави, включаючи надання податкових пільг, стимулів для зелених технологій та чітке законодавче регулювання. Також, важливим аспектом є тісна співпраця між підприємствами та науковими установами для розробки нових технологій, які дозволяють зменшувати вплив на навколишнє середовище та оптимізувати виробничі процеси. З огляду на глобалізацію економіки, важливим є врахування міжнародних стандартів сталого розвитку, що дозволяє підприємствам виходити на нові ринки, відповідаючи сучасним вимогам екологічної безпеки та соціальної відповідальності.

Таким чином, міжнародний досвід показує, що удосконалення управління в контексті сталого розвитку є багатоаспектним процесом, що вимагає комплексного підходу. Він включає в себе не лише економічні і технічні інновації, а й зміну соціальних, екологічних та політичних підходів. Післявоєнний період став етапом, на якому країни почали активно адаптувати свої економічні моделі до нових викликів глобалізації та екологічних змін, закладаючи основи для сталого розвитку промислових підприємств на майбутнє.

## **ТРИРІВНЕВА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОЧНОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

**Сіра В. А.**

*студентка, група Е-111,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

**Шрам О. О.**

*студент, група Е-112,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

**Третьяков А. О.**

*аспірант,  
кафедра електроприводу та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

**Зіновкин В. В.**

*доктор технічних наук, професор, професор,  
кафедра електроприводу та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

**Крисан Ю. О.**

*кандидат технічних наук, доцент, доцент,  
кафедра електроприводу та автоматизації промислових установок,  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
м. Запоріжжя, Україна*

Надійність трансформаторного обладнання суттєво залежить від додержання нормованих параметрів та умов експлуатації. На практиці такі вимоги доволі часто не виконуються внаслідок низки технічних причин. До них відносяться характерні риси електротехнологічних режимів. Вони призводять до формування нестаціонарних електромагнітних процесів, зростання додаткових втрат, втраті електродинамічної стійкості та ін. як наслідок, розвитку кумулятивних ефектів різної фізичної природи та аварійним виходам із ладу. З метою запобігання аварій на практиці використовуються методи контролю часткових розрядів в межах

високовольтних вводів, аналізу діелектричних властивостей трансформаторної олії та ін. Але такі мікропідприємства не є надійними оскільки використовуються не належним чином та від випадки до іншого випадка. Тому повстає необхідність здійснення постійного контролю за поточним технічним станом трансформаторів. Вважаємо, що найбільш доцільним є розробка та впровадження автоматизованої системи контролю сукупності електромагнітних параметрів. До них відносяться перевищення рівнів навантаження, шуму в спектрі октавних частот, механічних вібрацій бака та змінення реактивної складової опору короткого замикання.

**Актуальність** роботи обґрунтовано об'єктивною необхідністю підвищення надійності роботи трансформаторів шляхом упередження аварійних ситуацій.

**Об'єктом дослідження** є трирівнева система визначення поточного технічного стану потужних трансформаторів.

**Мета дослідження** полягає в розробці системи визначення поточного технічного стану трансформаторів шляхом поточного контролю визначальних електромагнітних параметрів різної фізичної природи.

**Наукова новизна** полягає в отриманні причинно-наслідкових факторів, які призводять до формування та подальшого розвитку кумулятивних ефектів в трансформаторах та розробці автоматизованої системи вимірювання і аналізу електромагнітних параметрів, які є інформативними про формування поточних відхилень.

**Матеріали дослідження.** Рішення задачі здійснюється шляхом аналізу конструкції трансформатора та протікання електромагнітних процесів в його порожнині та впливу на певні активні і неактивні деталі конструкції.

У роботі приведено аналіз аварійності трансформаторів у мережах постачання енергоємних промислових підприємств по класам напруги.

Найбільші показники аварійності мають місце в мережах 35, 150 і 220 кВ, які живлять електротехнологічні комплекси з різкозмінними навантаженнями.

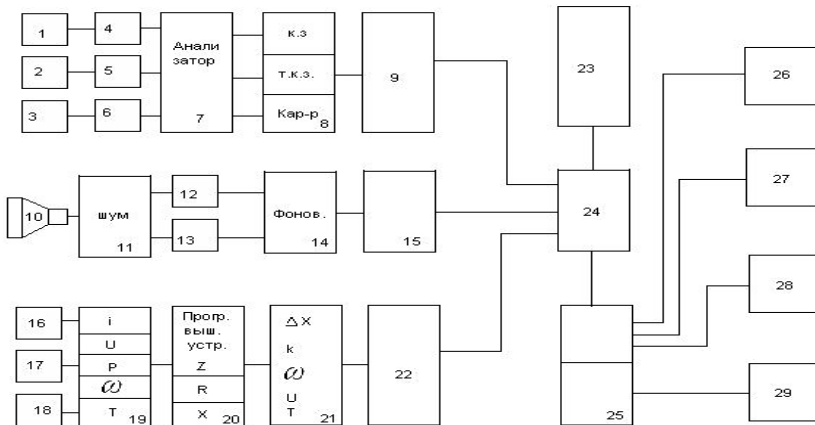
Таблиця 1

**Аварійність трансформаторів по вузлам і класам напруги**

Елемент конст-рукції	Клас напруги, кВ											
	35		110		220		330		500		Всього	
	N35	%	N110	%	N220	%	N330	%	N500	%	NΣ	%
Обмотки	61	30	43	13	10	7	1	8	0	0	115	16
РПН	4	2	61	18	26	19	1	8	5	24	97	13,5
Вводи	27	13	77	23	44	32	3	23	7	34	158	22
Інші вузли	81/31	40/15	126/31	37/9	55/1	41/1	8/0	61/0	9/0	42/0	279/0	39,5/9
Всього	204	100	338	100	136	100	13	100	21	100	712	100

З метою запобігання аварійності трансформаторів запропоновано тривірневу систему діагностики технічного стану, структурна схема якої приведена на рис. 1.

Структурна схема системи автоматизованого аналізу поточного технічного стану трансформаторного обладнання приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурна схема тривірневої діагностики трансформаторного обладнання**

На рис. 2 прийнято наступні позначення: 1–3 і 16–18 – вимірювачі струму і напруги; 4–6 – перетворювачі струму; 7 – аналізатор різко змінного струму; 8 – блок автоматизованої класифікації технологічних і зовнішніх коротких замикань, а також характеру; 9 – блок аналізу перевищень навантаження; 10 – датчик для вимірювання шумових параметрів; 11 – шумомір; 12–13 – класифікатори рівнів шуму та в спектрі октавних частот; 14 – блок фонових шумів; 15 – аналізатор перевищень рівнів шуму; 19 – низковольтні перетворювачі навантаження; 20 – вчисий мікропроцесорний блок поточних  $Z(t)$ ,  $R(t)$ ,  $X(t)$ ; 21 – блок приведення  $Z(t)$ ,  $R(t)$ ,  $X(t)$  до однієї температури (20 °C) та промислової частоти (50 Гц.); 22 – автоматизований аналіз градієнтів реактивної складової опору к.з.; 23 – бібліотека номінальних та нормативно допустимих перевищень струму, рівнів шуму, градієнтів  $X(t)$ ; 24 – програмно-аналітичний блок перевищень вимірних дискретних параметрів; 25 – інформаційно-виконуючий блок і видачі поточної інформації; 26 – індикатор перевищення навантаження диспетчеру; 27 – виконавчий механізм відключення напруги; 28 – аварійна система світової та іншої сигналізації; 29 – цифро-друкуючий пристрій та збереження інформації.

На першому рівні реєструються та аналізуються кратності струмів технологічних і зовнішніх коротких замикань, їх кількість, тривалість та характер. При перевищенні цих параметрів нормативних державними стандартами необхідно здійснювати ревізію трансформатора.

На другому аналізується рівні шуму та його спектральний склад. По динаміці змінення рівнів шуму можливо зробити певні висновки про наявність початкових пошкоджень.

На третьому визначаються градієнти фазних реактивних опорів. Доцільно відзначити, що відхилення реактивного опору 1,2–2,5 % свідчать про наявність деформації обмоток. При таких показниках подальша експлуатація трансформаторів не допускається.

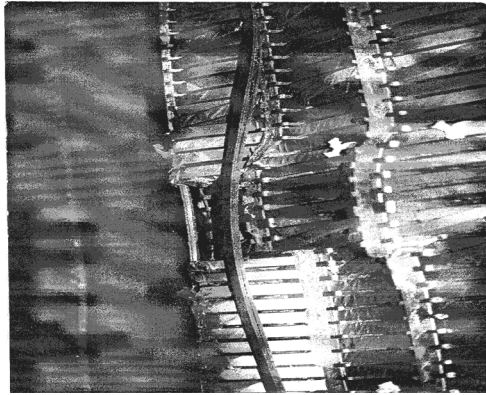
Експериментальна перевірка робочої спроможності запропонованого науково-технічного рішення здійснювалась

на заводській підстанції в складі трьох трансформаторів з низьковольтними розчіплюваними обмотками типової потужності 63 МВА. Результати дослідження приведено на рис. 2 і табл. 2.

Таблиця 2  
**Реактивні опори мережевих трансформаторів типової потужності 63 МВА, що живили дугові сталеплавильні печі**

Номер дослідження	Номер трансформатора	Схема поєднання обмоток	Фаза трансформатора	Реактивні опори, Ом		Відносні показники, %	Схеми поєднання обмоток НН	
				фазні	серед.		робочих	випробувань
1	T1	ВН - НН	A B C	38,46 38,46 38,37	38,43	0,08 0,08 -0,16	Низьковольтні поєднанні в трикутник	Низьковольтні обмотки закорочено
2	T2	ВН - НН	A B C	39,03 39,46 39,50	38,997	0,08 <u>1,19</u> <del>-1,27</del>	Низьковольтні розчеплені, трикутник	Низьковольтні обмотки закорочені
3	T2	ВН - НН1	A B C	71,96 73,85 70,30	72,04	0,11 <u>2,51</u> <del>-2,41</del>	Низьковольтні обмотки поєднанні в трикутник	НН1 закорочені, НН2 - ні
4	T2	ВН - НН2	A B C	71,71 72,72 71,86	72,1	0,54 0,86 -0,33	Низьковольтні обмотки поєднанні в трикутник	Обмотки НН2 закорочені, НН1 - ні

Аналіз результатів на трансформаторі з умовним позначенням Т2 показав, що в схемному режимі ВН - НН1 відхилення в фазних реактивних опорах досягають 2,5 %. Це свідчить про наявність пошкодження обмотки НН1 фази «В» і подальшу експлуатацію трансформатора не доцільно. Демонтаж цього трансформатора підтвердив наявність деформації обмотки НН1. Що показано на рис. 2. Додатковою інформацією про наявність деформацій може бути підсилена звукова потужність у спектрі октавних частот.



**Рис. 2. Деформація обмотки фази «В» мережного трансформатора типової потужності 63 мВА**

**Висновки:**

1. Запропонована трирівнева система діагностики є доволі дієвим методом контролю за поточним технічним станом потужних трансформаторів і дозволяє упередити аварійний вихід із ладу.
2. Доцільно продовжити дослідження з метою поєднання інших методів, до дають можливість оцінювати втрату електродинамічної стійкості, ізоляційних властивостей охолоджуючої олії, формування стримерів електричного поля в порожнині електротехнічного обладнання, зростання теплових потоків, потоків магнітної індукції в магнітній системі та ін.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ АСКТП ДОЗУВАННЯ ТА ОГРУДКУВАННЯ  
НА ВИПАЛЮВАЛЬНИХ МАШИНАХ З УРАХУВАННЯМ  
ВОЛОГОСТІ КОНЦЕНТРАТУ, ШИХТИ, СИРИХ ОКАТИШІВ  
ТА ГРАНУЛОМЕТРІЇ**

*Стебелько І. Є.*

*студент, група 174-23-1м,*

*ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»*

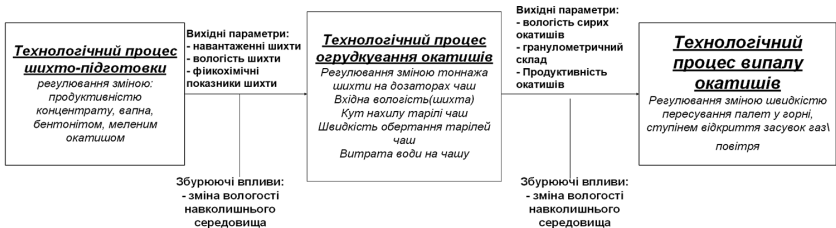
*м. Запоріжжя, Україна*

Автоматизація процесів в гірничо-металургійному виробництві України на даний момент в більшості випадків побудована в класичному вигляді. Тобто основа побудови структури автоматизації певного технологічного процесу складається з простих надійних рішень, які в першу чергу обумовлені технічною складовою. Розглянемо два з таких взаємопов'язаних технологічних процеси як: шихто-підготовка та огрудкування залізородних окатишів. З технологічної точки зору ці два взаємопов'язаних технологічних процесу є складовими основної технології по виготовленню випалених залізородних окатишів на випалювальних машинах ОК або Lurgi. Ділянка шихто-підготовки потрібна для змішування основних складових окатиша: залізородний концентрат, бентоніт, вапно, мелений окатиш. Процес огрудкування виконується на тарілчастих чашах з заданою швидкістю та під певним кутом нахилу чаші, концентрат у чаші формується у рівномірні сирі окатиші за допомогою водного зрошення. Гранулометричний склад окатишу складається з 5-ти класів за розміром: 1й: <10 мм; 2й: 10–12,5 мм; 3й: 12,5–14 мм; 4: 14–18 мм; 5й: >18 мм. Для технології по виробництву сирих окатишів потрібен певний діапазон по крупності, а саме: 10–14 мм, який має назву «годний» клас [1].

Якісні показники залізородного концентрату, зокрема частка вологи у концентраті, шихті, напряму впливають на процес огрудкування і отримання «годного» класу: від значення

вологості залежить витрата домішок на приготування шихти (бентоніт та мелений окатиш) та витрата води при огрудкуванні. Врахування вологості концентрату й вихідної шихти та поточний контроль крупності окатишу в реальному часі технологічного процесу є необхідними динамічними параметрами для двох автоматизованих систем керування (АСК), завданням яких є формування «годного» класу. Якісний показник міцності сформованого сирого окатишу необхідної крупності, залежить від вихідної вологості з процесу огрудкування, можлива збільшена вологість після огрудкування, внаслідок додавання зрошувальної води може спричинити руйнацію окатишу в процесі дії високих температур у горні (до 1400 °С). Вихідна вологість з процесу огрудкування є одним з необхідних динамічних параметрів для процесу випалу сирих окатишів. Взаємозв'язок технологічних процесів можна спостерігати на функціональній схемі (рис. 1).

У цій роботі пропонується два послідовних напрямки рішення даної проблематики – це контроль вологи у залізородному концентраті, в приготованій шихті на етапі шихто-підготовки та контроль вологості сирих сформованих окатишів після процесу формування сирих окатишів.



**Рис. 1. Функціональна схема взаємозв'язку технологічних процесів виготовлення окатишу**

Це надасть нам по-перше: більш ефективно витратити домішки при формуванні шихти, точніше розрахувати витрату зрошуваної води при огрудкуванні та по-друге: це об'єднання трьох систем автоматизації по критерію вологості матеріалу для оперативного реагування та зберігання якісних показників

готового продукту. Другий послідовний напрямок рішення: візуальний контроль за процесом огрудкування замінити на цифровий контроль шляхом застосування засобів технічного зору, з послідуєчим впливом на керування установками для огрудкування в автоматичному режимі. Поточне значення вологості буде частиною розрахунку завдання для контролера шихто-підготовки, який формує керуючий вплив на дозатори, а саме на кількість подачі бентоніта та меленого окатиша на дозаторах для отримання вологості 9,6–9,8 % для послідуєчого процесу огрудкування. Гранулометричний склад буде частиною розрахунку завдання для контролера ділянки огрудкування, який формує керуючий вплив на електроприводи механізмів чаші: обертання, кута нахилу та витрати зрошувальної води. Контроль вологості сформованого сирого окатиша є аналітичною інформацією для автоматизованої системи керування випалом окатишів на випалювальній машині. Дана модернізація АСК технологічних процесів надасть можливість реагувати та впливати на якість виготовлення окатишів з урахуванням динаміки зміни параметрів шихтового матеріалу та сирих окатишів.

**Перелік використаних джерел:**

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

## **МАРКЕТИНГОВІ КОМУНІКАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ У МІЖНАРОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

***Трубай О. С.***

*студентка,*

*Національний університет «Запорізька політехніка»*

***Павлішина Н. М.***

*кандидат економічних наук, доцент, доцент,*

*кафедра маркетингу та логістики,*

*Національний університет «Запорізька політехніка»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Українська металургійна галузь – частина світової економіки, яка розвивається у контексті глобальних тенденцій, зокрема подальшою концентрацією виробництва, зростання експорту металу до споживачів, посиленням конкурентної боротьби.

Ці тенденції помножені на складні часи військового часу, повну або руйнацію підприємств, припинення їх роботи актуалізують для бізнесу нові проблеми, рішення яких може лежати у площині розробки нових рішень щодо виробництва та збуту металу, а також у зміні бізнес-комунікацій. Найбільшої трансформації мають зазнати саме маркетингові комунікації які спрямовані не тільки на продаж товару але й на формування іміджу виробників вітчизняної металургійної галузі.

До початку війни промисловість орієнтувалась на постачання готової продукції напівфабрикатів внутрішньому споживачеві та на світовий ринок. Вторгнення спричинило дефіцит енергії, скорочення виплавки чавуну, зменшення прокату сталі через залежність від газу [1], а також закриття традиційних транспортних маршрутів, втрата частини клієнтів, намагання триматися «на плаву» на експортних ринках та скорочення внутрішнього споживання [3].

Міжнародні комунікації в умовах війни стали ще більш складними та важливими, оскільки конфлікт вплинув на стабільність

та безпеку великої кількості країн та регіонів. Серед чинників які спотворили існуючі комунікації слід виділити:

- зміна дипломатичних відносин, адже уряди різних країн можуть підтримувати різні сторони конфлікту, тож можуть здійснювати спроби установити або підтримувати дипломатичні відносини з іншими країнами для співпраці та міжнародного обміну інформацією, а також для пошуку шляхів врегулювання конфлікту, або, навпаки, черпати із конфлікту для себе вигоду;

- війна в інформаційному просторі, завдяки якій різні країни (як учасники конфлікту та і ні) сторони намагаються впливати на громадську думку в інших країнах через засоби масової інформації та соціальні мережі;

- кібербезпека. В умовах війни міжнародні комунікації також можуть бути підвищеною мішенню кібератак, що вимагає ретельних заходів з кібербезпеки та захисту інформації.

Міжнародні маркетингові комунікації для українських металургійних підприємств у часи війни можуть включати різні стратегії та канали зв'язку для просування їхніх продуктів та послуг на міжнародних ринках. Актуальними видають використання таких засобів та каналів комунікації як:

- участь у міжнародних виставках та конференціях може стати важливим елементом маркетингової стратегії для презентації продукції, залучення нових клієнтів та встановлення контактів з партнерами та інвесторами. Відвідування міжнародних заходів дозволить продемонструвати готовність до співпраці, розвитку, інновацій тощо;

- участь у міжнародних проектах, програмах обміну, співпраця із лідерами галузі чи вертикальна інтеграція, а також будь-які спільні ініціативи можуть збільшити видимість виробника, розширити його мережу зв'язків та забезпечити доступ до нових можливостей;

- співпраця з міжнародними агентами та дистриб'юторами може допомогти розширити географію продажів та забезпечити присутність на різних ринках. Успішні міжнародні комунікації також можуть включати лобювання і співпрацю

з міжнародними організаціями, урядовими установами та іншими зацікавленими сторонами для захисту інтересів виробника та розвитку його бізнесу;

- створення міжнародного прес-центру, який буде об'єктивно висвітлювати події у галузі чи на виробництві. Це дозволить показати відкритість та готовність забезпечити взяті на себе зобов'язання. Наприклад, роботи прес-служби Групи «Метінвест» стала найактивнішими видом комунікацій [4];

- акцентування уваги на брендінгу. Металургія як галузь та метал як продукт втілює у собі стійкість українського народу, оборона заводу Азовсталь та випуск лімітованої серії браслетів із останньої плавки металу на заводі вже стали знаком незламності та сприяли посиленню іміджу виробника. Створення сильного бренду є важливим для успішної міжнародної діяльності. Це може включати розробку унікального позиціонування бренду, створення логотипів та ідентичності бренду, які відповідають цілям компанії та потребам міжнародних ринків;

- адаптація вебсайтів, соціальних медіа сторінок та інших цифрових каналів комунікації до нових споживчих очікувань може допомогти металургійним підприємствам залучати та спілкуватися з клієнтами з усього світу. Слід відмітити, що ринок посередників та споживачів металургійної продукції є досить динамічним, на ньому постійно з'являються нові гравці, реструктуруються та зникають вже існуючі, натомість ринок постачальників є відносно сталим;

- PR та рекламні кампанії орієнтовані на зовнішніх та внутрішній споживачів позитивно впливають на імідж виробників у галузі. Серед заходів можна виділити: спонсорські та благодійні акції, спортивні заходи й команди, що виконують представницькі функції на міжнародній арені (наприклад, логотип "Metinvest" на майках гравців «Шахтаря»);

- посилення особистої взаємодії. Зокрема на ринку продукції металургійної галузі не втрачають актуальність такі засоби просування як особистий продаж, міжнародні комерційні переговори, закордонні відрядження, особисті презентації;

– сувеніри та інші малі форми реклами – поширений вид реклами серед металовиробників, застосовується при ділових зустрічах, виставках, конференціях, масових заходах. Спектр рекламної продукції з корпоративною символікою дуже широкий (ручки, щоденники, кружки, календарі, футболки, капелюхи, годинники, пакети, флешки тощо) [2; 5].

Міжнародні маркетингові комунікації для металургійних підприємств вимагають ретельного планування, аналізу ринку та стратегічного підходу для досягнення успіху на міжнародних ринках. Вони можуть стати ключовими для успішного розвитку і міжнародного росту підприємств металургійної галузі України.

#### **Перелік використаних джерел:**

1. Агапова В. Дослідження «Вокс Україна». *Forbes*. URL: <https://forbes.ua/money/eksport-metaloproduktsii-vpav-utrishi-shcho-viyna-zminila-v-ukrainskikh-metalurgiv-yaki-davali-osnovnikh-pritok-valyuti-v-krainu-27062023-14446>
2. Громова Я. А. Механізм використання маркетингового інструментарію металургійною галуззю в експортній діяльності. *Актуальні проблеми економіки*. 2012. № 5. С. 92–101. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape\\_2012\\_5\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape_2012_5_11)
3. Економічний огляд металургійної галузі України. *Бізнес в офіційних цифрах*. URL: <https://rating.zone/ekonomichnij-ohliad-metalurhijnoi-haluzi-ukrainy/>
4. Метінвест, група компаній, прес-центр. URL: <https://metinvestholding.com/ua/media/press>
5. Сагайдак М. П., Лавреньов Н. К. Використання маркетингових інструментів і цифрових технологій у просуванні металургійної продукції. *Маркетинг і цифрові технології*. 2017. № 1. С. 83–107. URL: <https://mdt-opu.com.ua/index.php/mdt/article/view/9/16>
6. Соколова Ю. О., Павлішина Н. М. Роль ринкових сил в закупівельній діяльності підприємства державної форми власності в умовах цифровізації економіки *Ефективна економіка*. 2021. № 8. DOI: 10.32702/2307-2105-2021.8.74; URL: [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/8\\_2021/76.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/8_2021/76.pdf)

**АНАЛІЗ РИЗИКІВ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ  
МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ  
В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

**Ярцева В. В.**

*студентка, група БТЕ-1113, кафедра маркетингу та логістики,  
Національний університет «Запорізька політехніка»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Металургійна промисловість більш ніж тридцять років була однією ключових галузей української економіки та забезпечувала не лише наповнення бюджету та робочі місця, але й давала значну частину експортних надходжень. В умовах воєнного стану, який створює додаткові загрози та ризики для інфраструктури, виробничих потужностей і логістики, аналіз можливих ризиків і визначення перспектив розвитку металургійної галузі стає надзвичайно важливим. Таке дослідження дозволить оцінити вплив воєнних дій на галузь, виявити потенційні ризики та втрати, а також знайти шляхи адаптації та відновлення. Окрім того, розробка стратегій для розвитку галузі дозволить зменшити залежність від ризикових факторів, підвищити стійкість економіки та сприяти відновленню України після завершення воєнних дій.

В умовах воєнного стану підприємства металургійної галузі України стикаються з чисельними ризиками та проблемами, які можна узагальнити в декілька груп:

- економічні (зниження внутрішнього попиту на металопродукцію через зменшення ділової активності; зростання витрат через збільшення вартості енергоресурсів, логістики, страхування; зменшення експорту через блокування портів та звуження логістичних можливостей; відсутність інвесторів та проблеми із доступом до кредитних ресурсів);
- фізичні – знищення та руйнування виробничої, енергетичної та логістичної інфраструктури;

- технологічні – залежність виробництва від електроенергії, а також водопостачання, які можуть припинитися через руйнування інфраструктури;
- кадрові (мобілізація та вимушена міграція зумовлюють нестачу кваліфікованих працівників, що впливає на виробничі процеси; високий рівень стресу у працівників через постійні загрози обстрілів та інші фактори знижують продуктивність праці);
- політичні – окупація територій, на яких знаходиться сировинна база.

Найбільшими викликами для підприємств металургійної галузі стали подолання проблем із забезпеченням виробництва енергією, оскільки металургія одна з найбільш енергомістких галузей економіки. Так, у 2020–2021 рр. частка металургії у сукупному споживанні електроенергії в Україні складала 23 %. Атаки на об'єкти критичної інфраструктури у 2022 році призвели до відключень та дефіциту електроенергії, а 2024 році знищили значну частку енергогенерації в країні на тривалий час, наслідки чого для металургії поки що невідомі, але точно будуть критичними і потребуватимуть неординарних рішень.

Сьогодні важко оцінити рівень конкуренції на ринку, оскільки всі підприємства опинилися у непростій ситуації. З поміж діючих виробників металопродукції на 1.01.2024 в Україні залишилися: ArcelorMittal (м. Кривий Ріг – МК «Криворіжсталь»), Інтерпайп Сталь (м. Дніпро), Каметсталь (колишня назва Дніпровський металургійний завод, група Метінвест) та Запоріжсталь (м. Запоріжжя, група Метінвест). Кожне з цих підприємств має переваги та недоліки, а перелічені вище ризики по-різному впливають на них. Але продовження військових дій на території України буде в подальшому погіршувати стан галузі та підприємств, що вимагає від менеджменту компаній пошуку інноваційних рішень для виживання та розвитку.

Що стосується перспектив розвитку галузі, то експерти наголошують, що поступово буде відновлюватися попит на продукцію на внутрішньому ринку. Так, у 2023 році відбулося зростання

попиту на металопродукцію на 10–15 % на фоні відновлення пошкодженої інфраструктури та потреби в металі релокованих на захід країни підприємств. Прогнозується, що після завершення війни внутрішнє споживання металопродукції суттєво зросте, за деякими прогнозами до 15 млн т на рік, оскільки буде відновлюватися інфраструктура та втілюватися багато будівельних проєктів, які потребуватимуть металургійної продукції.

Позитивною тенденцією для металургійних підприємств також є підтримка України на міжнародному рівні. Так, у 2022 році Великобританія оголосила про дострокове анулювання всіх імпорتنих мит та скасування квот, а також призупинила дію антидемпінгового мита на український гарячекатаний плоский прокат. А Канада дозволила імпорт українського гарячекатаного прокату без сплати антидемпінгового мита вперше за 20 років. Також рішення про скасування антидемпінгового мита на гарячекатаний плоский прокат ухвалили в ЄС у 2023 році.

Отже, металургійна промисловість України, яка довгий час була однією з ключових галузей економіки, зазнала значних втрат та нових викликів унаслідок воєнних дій. Війна створює низку серйозних ризиків – економічних, фізичних, технологічних, кадрових і політичних, – які суттєво впливають на виробничі процеси та стабільність галузі. В умовах воєнного стану відновлення та розвиток металургійної промисловості потребує інноваційних рішень, спрямованих на адаптацію до нових реалій та підвищення стійкості. Незважаючи на нинішні труднощі, міжнародна підтримка та перспективи зростання внутрішнього попиту після завершення війни відкривають нові можливості для українських металургійних підприємств, що може сприяти швидшому відновленню галузі та загалом економіки України.

*Наукове видання*

**48-ма Науково-технічна конференція молоді  
з нагоди 91-річчя ПАТ «Запоріжсталь»**

**Збірник тез і анотацій наукових доповідей**

Дизайн обкладинки *В. Савельєва*

Технічний редактор *О. Гринюк*

Верстка *О. Данильченко*



Формат 60x84/16.  
Гарнітура Cambria.  
Ум. друк. арк. 7,21.  
Замовлення № 1124-110.

Видавництво та друк: Олді+  
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1  
тел.: +38 (095) 559-45-45, e-mail: office@oldiplus.ua  
Свідоцтво ДК № 7642 від 29.07.2022 р.

Замовлення книг:  
тел.: +38 (050) 915-34-54, +38 (068) 517-50-33  
e-mail: book@oldiplus.ua

