

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2025**  
**Факультет будівництва, архітектури та дизайну**

Збірник тез доповідей щорічної  
науково-практичної конференції серед студентів, викладачів, науковців, мо-  
лодих учених і аспірантів  
14–18 квітня 2025 року

Електронне видання на DVD-ROM

Запоріжжя • НУ «Запорізька політехніка» • 2025

УДК 621.3+004+519.6  
Т39

*Рекомендовано до видання Вченою радою  
Національного університету «Запорізька політехніка»  
(Протокол № 12 від 27.06.2025 р.)*

## **Упорядник:**

### **Редакційна колегія:**

*Вадим ШАЛОМЄЄВ*, д-р техн. наук, професор, (відпов. ред.)  
*Олексій КУЗЬКІН*, д-р техн. наук, професор;  
*Василь ГЛУШКО*, канд. техн. наук, доцент;  
*Євген ПАРАХНЄВИЧ*, канд. техн. наук, доцент;  
*Микола АНТОНОВ*, канд. техн. наук, доцент;  
*Віра САВЧЕНКО*, канд. техн. наук, доцент;  
*Наталія ФУРМАНОВА*, канд. техн. наук, доцент;  
*Микола КАСЬЯН*, канд. техн. наук, доцент;  
*Микола ДЄДКОВ*, канд. іст. наук, доцент;  
*Олена ВАСИЛЬЄВА*, д-р екон. наук, професор;  
*Світлана КОКАРЄВА*, канд. наук з фіз. вих. і спорту, доцент;  
*Юрій ФІЛЕЙ*, канд. юр. наук, професор;  
*Таїсія ГАЙВОРОНСЬКА*, канд. філос. наук, доцент;  
*Наталія ВИСОЦЬКА*, в.о. начальника НДЧ;  
*Наталія САВЧУК*, начальник редакційно-видавничого відділу;  
*Сніжана ВИЧУЖАНИНА*, керівник відділу наукової роботи студентів;  
*Юлія ЧУШКІНА*, провідний фахівець відділу наукової роботи студентів

Т39

**Тиждень науки-2024. Факультет будівництва, архітектури та дизайну.** Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 14–18 квітня 2025 р. [Електронний ресурс] / Редкол. : Вадим ШАЛОМЄЄВ (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 121 с. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана.

ISBN 978-617-529-360-7

Зібрані тези доповідей, заслуханих на щорічній науково-практичній конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів. Збірка відображає широкий спектр тематики наукових досліджень, що проводяться на факультеті будівництва, архітектури та дизайну Національного університету «Запорізька політехніка». Збірка розрахована на широкий загал дослідників та науковців.

УДК 621.3+004+519.6

ISBN 978-617-529-360-7

© Національний університет  
«Запорізька політехніка»  
(НУ «Запорізька політехніка»), 2025

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ «БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ»

*Dmytro Ivanenko.*

German experience in integrating BIM technology into the construction industry..... 8

*Іваненко Д.С., Саввіді А.Г.*

Розбудова мультимодальних транспортних вузлів..... 10

*Щербина С.О.*

Перспективи впровадження робототехніки в будівельну галузь .... 12

*Жван В.Д., Воленко Б.Ю.*

Вплив цифрових двійників на процеси зведення будівель ..... 14

*Іщенко О.Л., Марічева К.Д.*

Аналіз передового досвіду проєктування «нульових» будівель (Nearly-Zero Energy)..... 16

*Чечель М.В., Хлепінтько В.М.*

Обґрунтування використання технології 4D BIM для управління будівельними процесами ..... 18

*Бобраков А.А., Моїсєєв Д.Р.*

Оптимізація логістичних процесів в будівельному виробництві у контексті стандартів ISO ..... 20

*Чечель М.В., Моїсєєв В.Р.*

Впровадження IoT (інтернету речей) у моніторинг будівельних процесів..... 22

*Бобраков А.А., Марченко А.А.*

Використання Autodesk Revit для оптимізації розробки креслень металевих конструкцій ..... 24

*Кулік М.В., Помазан М.Д., Олешко О.М.*

Модифікація сіробетону магнетитом для захисту від радіації та збереження міцності в умовах низького атмосферного тиску..... 26

*Кулік М.В., Камєнєв О.С., Федина Л.Т.*

Аналіз сучасних методів розрахунку каркасних конструкцій на сейсмічні впливи ..... 28

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Кулік М.В., Болюк С.В., Головатюк А.С.</i>                                                                                                |    |
| Сучасні технології геодезичної підготовки будівельних майданчиків: інтеграція з BIM та порівняння підходів .....                             | 30 |
| <i>Якімцов Ю.В., Гітуляр Л.А.</i>                                                                                                            |    |
| Енергоефективність та зелені технології в будівельному інформаційному моделюванні .....                                                      | 33 |
| <i>Гітуляр Л.А., Келеберденко Т.А.</i>                                                                                                       |    |
| Шляхи інтеграції інформаційного моделювання у контексті практик «зеленого будівництва» .....                                                 | 35 |
| <i>Левченко Н.М., Дрига О.А.</i>                                                                                                             |    |
| Перспективи розвитку будівельної галузі в умовах цифровізації суспільства .....                                                              | 37 |
| <i>Загребін В.В., Скачков Р.О.</i>                                                                                                           |    |
| Розвиток адаптивного управління будівельними ризиками на основі Big Data та аналітики .....                                                  | 39 |
| <i>Березовська А.О., Нескородова О.В., Шкабарня А.В.</i>                                                                                     |    |
| Можливості використання параметричного проектування в будівельній галузі.....                                                                | 41 |
| <i>Назаренко О.М., Тесленко Є.О.</i>                                                                                                         |    |
| Розрахунок будівельних конструкцій з використанням Robot Structural Analysis: інноваційний підхід до інженерного моделювання.....            | 43 |
| <i>Зубричев О.С., Шевченко В.І.</i>                                                                                                          |    |
| Перспективи та можливості застосування безпілотних літальних апаратів у будівництві .....                                                    | 45 |
| <i>Іщенко О.Л., Тишковець І.В.</i>                                                                                                           |    |
| Роль інженерних вишукувань у відбудові міст після повномасштабного вторгнення.....                                                           | 47 |
| <i>Valentyna Kuzmenko, Anton Belich</i>                                                                                                      |    |
| Innovative approaches to improving the qualifications of personnel in the construction industry under digital transformation conditions..... | 49 |

## СЕКЦІЯ «ДИЗАЙН

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Северін К.В., Петрик К.В.</i>                                                   |    |
| Формати та інструменти для створення електронних книг у видавничій діяльності..... | 51 |

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Северін К.В., Антипенко Є.Ю., Зубкова Д.А.</i>                                                                                                                  |    |
| Вплив дизайну персонажу на сприйняття користувача.....                                                                                                             | 53 |
| <i>Северін К.В., Антипенко Є.Ю., Кулікова А.О.</i>                                                                                                                 |    |
| Вплив кольору у геймдизайні на досвід користувача.....                                                                                                             | 55 |
| <i>Северін К.В., Антипенко Є.Ю., Нікітенко О.В.</i>                                                                                                                |    |
| Емоційний дизайн, як кольори та форми впливають на психологію людини .....                                                                                         | 57 |
| <i>Северін К.В., Самофал А.О</i>                                                                                                                                   |    |
| Інклюзивний дизайн як механізм забезпечення рівного доступу до цифрових продуктів та послуг .....                                                                  | 58 |
| <i>Потапенко Г.М., Цокур А.С.</i>                                                                                                                                  |    |
| Сприйняття сучасного мистецтва в індустріальному місті.....                                                                                                        | 60 |
| <i>Потапенко Г.М., Радан К-К.С.</i>                                                                                                                                |    |
| Візуальна мова сучасного покоління в дизайні: ера швидкого контенту .....                                                                                          | 62 |
| <i>Пасічна Т.О., Доновська Д.В.</i>                                                                                                                                |    |
| Використання графічних прийомів та кольору для візуального розширення простору в інтер'єрі гуртожитку №2 національного університету «Запорізька політехніка» ..... | 64 |

## **СЕКЦІЯ «КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, ХІМІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Мітяєв О.А., Коваленко М.В., Медведєв О.А.</i>                                                            |    |
| Сучасний стан та перспективи виробництва СМС-композитів.....                                                 | 68 |
| <i>Мітяєв О.А., Медведєв О.А., Коваленко М.В.</i>                                                            |    |
| Застосування СМС-композитів.....                                                                             | 70 |
| <i>Мітяєв О.А., Коноваленко Ю.А.</i>                                                                         |    |
| Підвищення властивостей поршневих сплавів наномодифікуванням .....                                           | 72 |
| <i>Кирилах С.В.</i>                                                                                          |    |
| Підвищення механічних властивостей титанових сплавів Ti–6Al–4V, отриманих методами адитивних технологій..... | 73 |
| <i>Повзло В.М., Кирилах С.В.</i>                                                                             |    |
| Дослідження корозійної тривкості вторинних силумінів.....                                                    | 75 |
| <i>Повзло В.М., Самарська Л.В., Мітяєва З.А.</i>                                                             |    |
| «Зелена» хімія та екологічні фактори .....                                                                   | 77 |

|                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Повзло В.М., Панченко М.М.</i><br>Технологія створення корозійностійких нанопокриттів сталевих виробів.....                                                                        | 79 |
| <i>Акімов І.В., Кравченко А.П., Неводніч М.М.</i><br>Вплив технологічних факторів на якість виробництва лопаті несучого гвинта .....                                                  | 80 |
| <i>Акімов І.В., Алексєєнко М.І.</i><br>Графітізовані сплави для трибосистем у гальмівних механізмах ..                                                                                | 82 |
| <i>Плескач В.М., Нікітюк І.В.</i><br>Псевдосплави: виробництво і використання .....                                                                                                   | 84 |
| <i>Петруша Ю.Ю., Антипов І.А.</i><br>«Зелені» інгібітори корозії алюмінію в лужному середовищі .....                                                                                  | 86 |
| <i>Сохрякова І.М., Недря Я.А.</i><br>Інгібітори корозії металів рослинного походження.....                                                                                            | 88 |
| <i>Петрашов О.С., Петрашова О.В., Фісай Ю.О.</i><br>Дослідження міцності паяних з'єднань алюмінію .....                                                                               | 91 |
| <i>Воскобойнік О.Ю., Дем'яненко В.В.</i><br>Технологія виготовлення полімерних плівок наповнених похідним [1,2,4] триазино [2,3-с] хіназоліну з антибактеріальними властивостями..... | 93 |
| <i>Широкобокова Н.В.І, Назаренко О.І.</i><br>Відновлення виробів методом наплавлення .....                                                                                            | 95 |
| <i>Савченко В.О., Кононенко О.С.</i><br>Вплив параметрів 3-д друку на механічні властивості.....                                                                                      | 97 |
| <i>Савченко В.О., Кучер А.О.</i><br>Дослідження впливу хімічного складу припоїв на галузь їх використання .....                                                                       | 99 |

## СЕКЦІЯ «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Нестеров О.В., Рубан В.Т., Польникова І.С.</i><br>Про актуальність управління охороною праці на підприємствах під час надзвичайних ситуацій..... | 102 |
| <i>Шмирко В.І., Якімцов Б.Ю.</i><br>Надзвичайні ситуації, що призводять до паніки .....                                                             | 104 |

|                                                                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Коробко О.В., Троян Ю.І., Шиліна Д.С.</i>                                                                                                                                                                |     |
| Ідентифікація виробничих чинників та оцінювання ризиків на виробництві.....                                                                                                                                 | 107 |
| <i>Petryshchev A.S., Pelivanova V.V.</i>                                                                                                                                                                    |     |
| Research of the features of the problem of safety, health and labor protection at industrial enterprises in the context of the implementation of the work of ventilation and air conditioning systems ..... | 109 |
| <i>Журавель М.О., Журавель С.М.</i>                                                                                                                                                                         |     |
| Оцінка екологічних наслідків пожеж у промислових комплексах та шляхи їх запобігання.....                                                                                                                    | 110 |
| <i>Журавель М.О., Журавель С.М.</i>                                                                                                                                                                         |     |
| Вимоги до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу електромагнітних полів .....                                                                                                          | 112 |
| <i>Коробко О.В., Троян Ю.І.</i>                                                                                                                                                                             |     |
| Вплив людського чинника на стабільність ергатичних систем....                                                                                                                                               | 114 |
| <i>Журавель М.О., Журавель С.М., Лазуткін М.І.</i>                                                                                                                                                          |     |
| Основні вимоги до проведення медичних оглядів працівників ..                                                                                                                                                | 116 |
| <i>Якімцов Ю.В.</i> Викладання дисципліни «захист населення, територій, довкілля та виробнича безпека» в умовах дистанційного навчання .....                                                                | 119 |

## СЕКЦІЯ «БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ»

УДК 658:004.69

Dmytro Ivanenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PhD student NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

### GERMAN EXPERIENCE IN INTEGRATING BIM TECHNOLOGY INTO THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Germany began implementing BIM in 2015 through the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI), developing a phased plan. This plan included three stages: the preparatory phase (2015–2017), the extended pilot phase (2017–2020), and implementation starting in 2020. Since January 2021, BIM has been mandatory for public infrastructure contracts, and by the end of 2022, it became required for building construction.

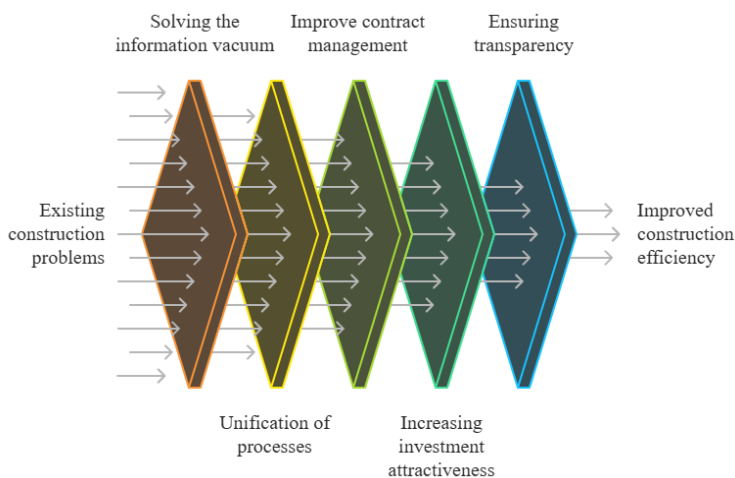


Figure 1 – The concept of BIM implementation based on German experience

As of 2025, BIM is mandatory for projects exceeding certain thresholds: infrastructure projects from €25 million and building projects from €10 million. BIM Deutschland launched its second phase after August 2023, focusing on support, digital twins, and adaptation for various stakeholders. However, challenges remain: a shortage of experts, software compatibility issues, and resistance to change within the industry [1].

The BIM Deutschland initiative, launched in 2019 jointly by the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMDV) and the Federal Ministry

of Housing, Urban Development and Building (BMWSB), entered its second phase after August 2023. As reported in the article [2] press release BIM Deutschland started in Phase 2, this phase focuses on:

- Revising and expanding informational resources about the BIM methodology.
- Creating tailored content for engineers, architects, planners;
- Planning specialized informational offerings for federal states and municipalities.
- Promoting digital twins for buildings and infrastructure;
- Conducting social media activities and dialogue events for experts.
- BIM brings significant advantages, as highlighted in the article [3]:
- 38% of engineering companies reported increased efficiency in construction work, 30% noted improved preparation, and 23% saw optimized calculations. Additionally, 22% of construction companies reported cost reductions.
- BIM consolidates all information into a single digital twin, providing access to all project participants, which saves time and reduces errors.
- BIM supports climate goals by enabling the assessment of environmental impact, CO2 footprint, and recyclability at early stages, reducing resource use.

The German experience in integrating BIM demonstrates a systematic approach, starting from pilot projects to mandatory implementation for public contracts. As of 2025, progress is significant, but challenges such as a shortage of experts and compatibility issues require further efforts. BIM Deutschland and government support, particularly through digital twins and tailored resources, position Germany as a leader in the digitization of the construction industry, offering a model for other countries.

The future will likely involve broader adoption of BIM in the private sector and further standardization.

## REFERENCES

1. Building Information Modeling (BIM) in Deutschland 2023. Tekla. URL: <https://www.tekla.com/de/bimwissen/artikel/building-information-modeling-bim-in-deutschland-2023> (дата звернення: 27.03.2025).
2. BIM Deutschland startet in Phase zwei. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. URL: <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/Webs/BMWSB/DE/2023/09/bim-phase2.html> (дата звернення: 27.03.2025).
3. Lavnichak L. BIM jetzt im Hochbau verpflichtend: Was erwartet Unternehmer? BIMplus. URL: <https://www.bimplus.co.uk/news/france-and-germany-move-forward-bim-adoption/> (дата звернення: 27.03.2025).

## РОЗБУДОВА МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ

Сучасні виклики пов'язані із небезпекою та різким зменшенням можливості використання існуючих транспортних маршрутів ставлять перед транспортною системою України необхідність впровадження систем консолідації та взаємодії на всіх етапах транспортного процесу. Транспортний процес завжди потребує наявності транспортних вузлів – в місцях відправлення і прибуття партій вантажів, місцях їх зберігання, формування, переформування, розформування, перевалки з одного виду транспорту на інший, саме такі вузли дозволяють поглибити взаємодію між різними видами транспорту та консолідувати вантажопотоки як технічному так і на інформаційному рівні.

Мультимодальний транспортний вузол може об'єднувати в собі залізничні станції і колії, що зв'язують ці станції, морські та річкові порти, аеропорти, вокзали, автомобільні дороги, кінцеві та проміжні об'єкти магістральних трубопроводів. Такі вузли, як правило, формуються на місцях розформування вантажопотоків та в місцях перевалки вантажів.

Зміна транспортних потоків та євроінтеграція України стимулює розвиток транспортно-складської системи західної та південно-західної частини країни. На місцях вже існуючих невеликих перевантажувальних вузлів створюються великі мультимодальні транспортні вузли (рис. 1).

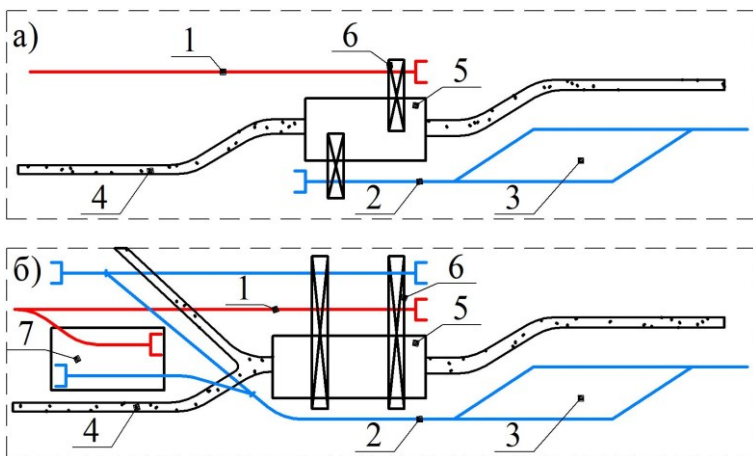


Рисунок 1 – Розбудова транспортного вузла

На рис. 1 наведені наступні умовні позначення: а – вузол до розбудови, б – вузол після розбудови; 1 – колії шириною 1435 мм, 2 – колія шириною 1520 мм, 3 – приймально-відправний парк, 4 – автомобільний під'їзд; 5 – складське приміщення або навантажувальний майданчик; 6 – навантажувально-розвантажувальні механізми; 7 – нові складські приміщення.

Розбудова вузлів включає в себе: розбудову колійного розвитку з одночасним збільшенням взаємодії колій різної ширини; будівництво нових складських приміщень або майданчиків; будівництво нових автомобільних під'їздів; використання нових більш потужних механізмів перевантаження вантажів.

При розбудові проєктувальники стикаються з великою кількістю проблем: розбудова виконується на вже забудованих територія; при будівництві повністю або частково припиняють навантажувально-розвантажувальну роботу на вже існуючому об'єкті; зростає потреба в енергоресурсах; збільшується негативний вплив на навколишнє середовище.

Отже, для розбудови вузлів необхідно проводити аналіз території з використанням новітніх методів аналізу та моделювання просторових даних. Збільшення майданчиків для вантажу можуть збільшити навантаження на ґрунт, а отже першочергово перед розбудовою необхідно провести інженерно-геологічні дослідження і, за потребою, провести роботи по посиленню ґрунту.

Потреба у додаткових енергоресурсах може вирішуватись за декількома напрямками: заміна старих навантажувально-розвантажувальних машин та механізмів на більш сучасні та енергоефективні; використання вільних площ або дахів складів для встановлення сонячних панелей, що також позитивно впливає на екологічний стан; використання у будівництві сучасних енергоефективних та екологічних матеріалів.

Важливим елементом розбудови є гармонійне поєднання транспортних потоків різного виду транспорту та зручний доступ до складів та навантажувальних майданчиків. Залізничні колії та автомобільні дороги будуються з дотриманням нормативних норм з мінімальними габаритними нормами для транспорту.

Розбудова дозволяє збільшити обсяги перевантаження вантажів в рази та зменшити витрати в перерахунку на 1 тонну вантажу.

У довгостроковій перспективі стратегічна модернізація інфраструктури та розбудова транспортних вузлів дозволить пришвидшити економічний розвиток, диверсифікувати логістичні мережі, позбутися старих технологічних бар'єрів, підвищити безпековий та економічний фундаменти підприємств.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТОТЕХНІКИ В БУДІВЕЛЬНУ ГАЛУЗЬ**

Робототехніка в будівництві стрімко змінює галузь, пропонуючи нові можливості для підвищення ефективності, безпеки та зниження витрат. Впровадження роботів дозволяє автоматизувати трудомісткі процеси, зменшувати кількість виробничих травм і оптимізувати робочі процеси. Однак, поряд із очевидними перевагами, існують і суттєві виклики: високі початкові інвестиції та потенційне скорочення робочих місць. Пропонується розглянути, як роботи трансформують будівельну індустрію, які переваги вони приносять, які труднощі виникають на шляху їхнього впровадження та що чекає на цю сферу в майбутньому.

Однією з ключових переваг робототехніки є автоматизація складних і повторюваних завдань (рис. 1). Наприклад, робот Nadrian X [1] укладає до 1000 цеглин на годину, перевершуючи людину (300-500 цеглин за день). 3D-принтер ICON Vulcan [2] друкує будинок площею 60 м<sup>2</sup> за 24 години, гарантуючи точність і швидкість.



Рисунок 1 – Використання будівельної робототехніки на майданчику

Будівництво традиційно вважається однією з найнебезпечніших галузей через ризик травм, пов'язаних із важкою фізичною працею чи роботою на висоті. Роботи беруть на себе найризикованіші завдання, зменшуючи ймовірність нещасних випадків: дрони та роботи для контролю якості можуть перевіряти стан будівельних майданчиків без залучення людей у небезпечні зони.

Незважаючи на численні переваги, впровадження робототехніки стикається з низкою труднощів. Перш за все, це високі початкові витрати. Закупів-

ля, налаштування та обслуговування роботизованих систем вимагають значних інвестицій, що може бути непосильним для малих і середніх організацій.

Робототехніка регулярного технічного супроводу та оновлення програмного забезпечення, що також додає витрат. Другий виклик — потенційне скорочення робочих місць. Автоматизація може замінити людську працю в багатьох сферах, що викликає занепокоєння щодо зайнятості. Хоча роботи підвищують продуктивність, вони не завжди здатні адаптуватися до нестандартних завдань, де людська інтуїція та гнучкість залишаються незамінними.

Наукові дослідження [1-4] працюють над створенням модульних систем, які будуть більш адаптивними та економічно вигідними. Розвиток алгоритмів координації дозволить кільком роботам працювати разом, подібно до злагодженої команди, що значно прискорить будівельні процеси. У майбутньому ми можемо очікувати появи роботів, які не лише виконуватимуть фізичну роботу, але й братимуть участь у плануванні та управлінні проєктами. Робототехніка також сприяє сталому розвитку [3]. Завдяки точному використанню матеріалів і зменшенню відходів будівництво стає більш екологічним. У поєднанні з інноваційними технологіями, такими як штучний інтелект і машинне навчання, роботи можуть зробити галузь не лише ефективнішою, але й соціально відповідальною.

Робототехніка в будівництві – справжній технологічний прорив, який обіцяє революціонізувати галузь. Вона приносить значні переваги, такі як підвищення продуктивності, безпеки та якості, але водночас вимагає вирішення складних питань, пов'язаних із вартістю та зайнятістю. У майбутньому, завдяки розвитку гнучких систем і нових алгоритмів, роботи стануть невід'ємною частиною будівельних майданчиків, роблячи процеси швидшими, безпечнішими та більш інноваційними. Трансформація галузі вже почалася, і будівельна індустрія стоїть на порозі нової ери автоматизації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dakhli, Zakaria & Lafhaj, Zoubeir. (2017). Robotic mechanical design for brick-laying automation. *Cogent Engineering*. 4. 10.1080/23311916.2017.1361600.
2. Palmer, Chris. (2020). 3D Printing Advances on Multiple Fronts. *Engineering*. 6. 10.1016/j.eng.2020.04.005.
3. Морзе Н. В., Варченко-Троценко Л. О., Гладун М. А. Основи робототехніки. Fundamentals of robotics : навч. посіб. Київ. ун-т ім. Бориса Грінченка. Кам'янець-Подільський (Хмельниц. обл.): Буйницький О. А., 2016. 183 с.
4. Wen Pan. A methodological approach to implement on-site construction robotics and automation: a case of Hong Kong. 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2018). Berlin, Germany, 2018. Pp. 362–369.

## ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ НА ПРОЦЕСИ ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ

Будівельна індустрія є фундаментом розвитку інфраструктури та урбанізації, визначаючи контури міських просторів і соціальних систем, у яких існує сучасне суспільство. Проте, попри свою незамінну роль, ця галузь зіштовхується з численними труднощами, включаючи складнощі в управлінні проектами, обмеження за часом і необхідність оптимального використання ресурсів. У контексті цих викликів інтеграція інноваційних технологій відкриває нові горизонти для трансформації будівельного сектору.

Однією з технологій, що прискорюють цифрову революцію в цій сфері, є концепція цифрового двійника [1]. Новаторська ідея кардинально змінює підходи до реалізації будівельних проєктів на всіх їхніх етапах, сприяючи створенню більш результативної та продуктивної системи в галузі (рис. 1).

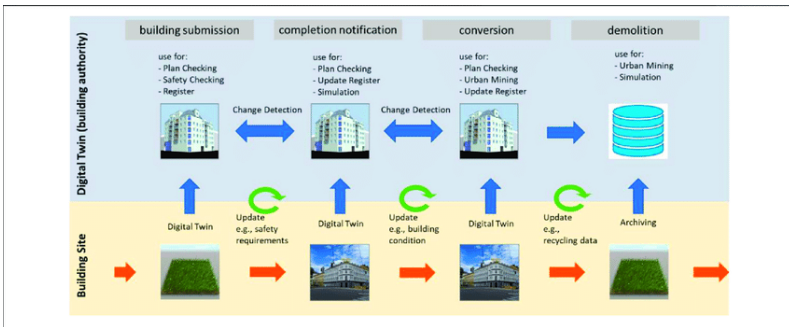


Рисунок 1 – Приклад роботи «цифрового двійника» у будівництві

Цифровий двійник являє собою віртуальну модель, що відображає процеси, об'єкти чи послуги в реальному часі. Він об'єднує інформацію з різноманітних джерел, таких як сенсори та програмні платформи, для створення точної копії фізичного об'єкта або системи. Хоча ця технологія може здаватися перспективою далекого майбутнього, вона стрімко набуває статусу невід'ємного елемента сучасного будівництва.

Фактично, цифровий двійник функціонує як цифрове alter ego будівельного проєкту, дозволяючи фахівцям проводити віртуальні експерименти та моделювання ще до старту реальних робіт на майданчику [2].

Незважаючи на значний потенціал, технологія цифрових двійників стикається з низкою перешкод, які потребують вирішення:

1. Обробка величезних обсягів інформації, необхідних для функціонування цифрового двійника, породжує серйозні питання щодо кібербезпеки. Забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних вимагає впровадження складних захисних механізмів, що, у свою чергу, передбачає значні фінансові та стратегічні вкладення для захисту чутливої інформації в цифровому середовищі.

2. Точність цифрового двійника залежить від безперервного потоку даних із різноманітних джерел і систем, що вимагає високого рівня сумісності між програмними платформами та форматами даних, що часто стає непростим завданням через їхню неоднорідність.

3. Розгортання технології цифрового двійника потребує значних витрат на обладнання, програмне забезпечення та кваліфікований персонал. Для великих будівельних компаній ці витрати можуть стати бар'єром для входу.

Попри наявні обмеження, технологія цифрових двійників має потенціал змінити майбутнє будівельної галузі. Серед очікуваних інновацій — інтеграція алгоритмів штучного інтелекту для прогнозування потреб у технічному обслуговуванні, розробка зручних мобільних застосунків для оновлення моделей у реальному часі, а також застосування цифрових двійників у створенні інфраструктури розумних міст [3].

Наведений перелік переваг можливий лише у випадку комплексного підходу до розвитку та інтеграції зазначеної технології.

Технологія цифрових двійників виходить за рамки простого відтворення фізичних об'єктів у цифровому вигляді, пропонуючи революційні можливості для будівельної сфери. Для науковців в галузі настав момент для активного дослідження та впровадження цієї технології у свої проєкти. Такий крок не лише забезпечить адаптацію до майбутніх реалій, але й відкриє шлях до нової ери продуктивності та якості в будівництві.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Щеглов В. Р., Морозова О. І. Методи та технології розроблення цифрових двійників для гарантоздатних систем індустріального інтернету речей. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2022. №4. С. 127-134.

2. Лобода П. П. Використання цифрових двійників для управління складними технічними системами. *Вісник КНТУ*. 2021. Вип. 1(72). С. 50-58.

3. Hu W., Liu Z., Li H. Digital twin: A state-of-the-art review of its enabling technologies, applications, and challenges. *Telematics and Informatics*. 2021. Vol. 61. DOI: 10.1016/j.aei.2021.101332.

УДК 338.4:69.003

Іщенко О.Л.<sup>1</sup>, Марічева К.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ст. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-113сп НУ «Запорізька політехніка»

## **АНАЛІЗ ПЕРЕДОВОГО ДОСВІДУ ПРОЄКТУВАННЯ «НУЛЬОВИХ» БУДІВЕЛЬ (NEARLY-ZERO ENERGY)**

У контексті глобальних екологічних викликів, коли зростання цін на енергоресурси та посилення вимог до сталого розвитку стають визначальними факторами сучасного будівництва, концепція «нульових» будівель (Net Zero Energy Buildings, NZEB), які протягом року споживають стільки ж енергії, скільки виробляють за допомогою відновлюваних джерел, таких як сонячні панелі, вітрові турбіни чи геотермальні системи, набуває стратегічного значення для фахівців спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», адже дозволяє не лише мінімізувати енергетичну залежність, а й кардинально знизити вуглецевий слід урбаністичних середовищ.

Розумні ранні рішення на етапі проектування будівництва, включаючи вибір матеріалів і систем з низьким енергоспоживанням, є частиною не тільки зменшення вкладеного енергетичного вмісту будівлі (конструкції), але й роблять будівлі більш стійкими. Суть NZEB полягає в інтеграції передових технологій, серед яких високоефективна теплоізоляція, герметичність конструкцій, рекуперація тепла та інтелектуальні системи управління енергією, що базуються на технологіях Інтернету речей (IoT) і штучного інтелекту, завдяки чому будівлі досягають «нульового» балансу, адаптуючись до зовнішніх кліматичних умов і потреб користувачів, що одночасно підвищує комфорт мешканців і знижує експлуатаційні витрати.



Рисунок 1 – Дослідна будівля з нульовим споживанням енергії в Таллінні, Естонія. Талліннський технічний університет, 2013 рік.

Сучасні підходи до проектування NZEB передбачають використання складних інженерних рішень, таких як оптимізація систем опалення, вентиляції та кондиціонування (HVAC) за допомогою теплових насосів і смарт-

систем, які автоматично регулюють мікроклімат, а також застосування принципів біокліматичної архітектури, що забезпечують гармонійну інтеграцію споруди в природне середовище, використовуючи екологічно чисті матеріали та пасивні методи енергозбереження, наприклад, орієнтацію будівлі для максимального використання сонячного світла.

На глобальному рівні країни ЄС, де директива 2010/31/ЄС зобов'язує нові будівлі відповідати стандартам NZEB, демонструють успішні приклади, такі як офісна будівля The Edge у Нідерландах, яка завдяки IoT-технологіям не лише досягає «нульового» споживання, але й генерує надлишок енергії, або Bullitt Center у США, що працює автономно на відновлюваних джерелах, отримавши сертифікацію Living Building Challenge, що підкреслює її екологічну стійкість, Талліннський технічний університет (рис. 1).

В Україні актуальна тема утеплення та рекуперації тепла, котра демонструє значне зниження енергоспоживання, однак масове впровадження таких будівель ускладнене високою початковою вартістю, недостатньою законодавчою підтримкою та браком кваліфікованих спеціалістів, здатних проектувати складні системи, що відповідають міжнародним стандартам.

Попри ці виклики, глобальні тенденції, зокрема зростання доступності відновлюваних джерел енергії та вдосконалення смарт-технологій, створюють передумови для поступового поширення NZEB, адже зниження витрат на будівництво та експлуатацію, яке обіцяють ці інновації, робить їх економічно привабливими навіть у країнах із обмеженими ресурсами, таких як Україна, де активна участь держави у формуванні сприятливого регуляторного середовища, надання фінансових стимулів і розширення освітніх програм для архітекторів і будівельників може прискорити цей процес.

Таким чином, NZEB, поєднуючи енергоефективність, відновлювані джерела та розумні системи, відкривають нові горизонти для сталого будівництва, вимагаючи від фахівців спеціальності 192 глибокого розуміння технологій і готовності адаптуватися до викликів майбутнього.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дешко В.І. Аспекти використання nZEB концепції для будівель у центральній та східній Європі. *Технології та інжиніринг*. 2023. № 1 (12). С. 41-51.
2. Чала В.С., Орловська Ю.В., Глуценко А.В. Європейські практики інвестування зеленого будівництва: Підручник Д.: ПДАБА. 2023. – 148 с.
3. Саницький М. А., Котур Д. Р. Принципи проектування будинків з нульовим споживанням енергії. *Енергоефективне місто*. XXI століття. 2022. – С. 45-48.
4. Khassan A, Donenko VI, Ischenko OL. The use of BIM to achieve zero energy building. *Metal Sci Heat Treat Metals*. 2021; 1: 59-65.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 4D BIM ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

Форматом інформаційної моделі будівель (BIM) є комп'ютерні файли (часто, але не завжди, у закритих форматах і містять закриті дані), які можна вилучати, обмінювати або об'єднувати в мережу для підтримки прийняття рішень щодо побудованого активу (рис. 1). Програмне забезпечення BIM використовується приватними особами, підприємствами та державними установами, які планують, проектують, будують, експлуатують та обслуговують будівлі та різні фізичні інфраструктури, такі як вода, сміття, електрика, газ, комунікації, дороги, залізниці, мости, порти та тунелі [1].



Рисунок 1 – Приклад будівлі в інформаційному середовищі

Сучасне представлення у вигляді 4D BIM є динамічним процесом, який інтегрує 3D-моделі з інформацією, прив'язаною до часу, наприклад, графіками проектів та логістичними планами для створення імітованої послідовності будівництва. Власне, 4D BIM доповнює 3D-моделі додатковим «вимірюванням», що підвищує її цінність для проектних груп, скорочуючи розрив між етапами проектування та будівництва [2].

Проте належне впровадження наведеної технології – непросте завдання. Оскільки в Україні будівельні організації можуть зустрітись з рядом викликів: необхідність навчання персоналу, перевага традиційним методам виконання робіт, дороговартісне програмне забезпечення, то підхід до інтеграції та оновлення нормативної документації має бути комплексним з техніко-економічним обґрунтуванням.

При ефективному впровадженні 4D BIM з'являється можливість виявити потенційні конфлікти файлових форматів, мінімізуючи витрати часу на їх виправлення.

Впровадження даних планування в існуючу модель BIM дає досить значний ряд переваг, у тому числі:

Моніторинг проекту.

Традиційні методи моніторингу проекту, такі як опора на ручні записи на папері, можуть зробити цей процес ще складнішим. Графічне відображення послідовності будівництва стає цінним інструментом цього. Захоплюючи та записуючи всі дії на місці та переміщення матеріалів у ясній та лаконічній манері, моніторинг забезпечує всебічний запис ходу проекту.

Безпека на будівельному майданчику;

Розуміючи точне розташування матеріалів, обладнання та робітників у будь-який час, управлінські команди можуть заздалегідь виявляти потенційні небезпеки та впроваджувати ефективні заходи безпеки.

Вирішення конфліктів.

Завдяки спільному використанню інформацію, прозорості та підзвітності протягом життєвого циклу проекту виключається можливість безпідставних суперечок, котрі є дорогою перешкодою для будівельної галузі.

Планування.

Розуміючи майбутні завдання та передбачаючи неминучі потреби, працівник може бути впевнений, що протягом будівельного процесу він буде забезпечений необхідними матеріалами та інструментами, що відповідає оптимальному використанню ресурсів на будівництві.

Полегшене впровадження 4D технологій.

Як і будь-яка інша технологія, 4D BIM не є диво-технологією, яка може зробити все краще просто своїм існуванням. Впровадження BIM, особливо в умовах невизначеності, є тривалим процесом [3], навіть з огляду на оновлені нормативні документи. Приклади потенційних переваг, такі як можливість використання нового технічного обладнання, моніторинг ресурсозабезпечення та безпеки будівельного майданчику мають бути донесені до керівників будівельних організацій, а впровадження має супроводжуватись як мінімум на муніципальному рівні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуторов О.С. BIM як засіб вирішення проблем проектування. *Молодий вчений*. 2021. № 6 (94). С. 88–91.
2. Ocean J. 4D BIM: Definition & Benefits Revizto. URL: <https://revizto.com/en/4d-bim-definition-benefits/> (дата звернення: 12.03.2025).
3. Hu W., Liu Z., Li H. Digital twin: A state-of-the-art review of its enabling technologies, applications, and challenges. *Telematics and Informatics*. 2021. Vol. 61. – DOI: 10.1016/j.aei.2021.101332.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В БУДІВЕЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ У КОНТЕКСТІ СТАНДАРТІВ ISO**

Міжнародний досвід оптимізації логістичних процесів у сфері будівництва спирається на принципи цифровізації, стандартизації та екологічної стійкості з метою підвищення продуктивності, зниженню матеріальних і часових втрат, а також виконання стандартів якості та безпеки.

Стандарти ISO визнані в усьому світі і використовуються як настанови для покращення якості, ефективності та безпеки. Впровадження ISO 23354:2020, стандарту, який допомагає організаціям вдосконалювати систему управління якістю в логістиці, починається з чіткого визначення бізнес-цілей. Цілі мають бути конкретними, вимірюваними та пов'язаними зі стратегічними пріоритетами компанії, наприклад, скорочення часу доставки чи підвищення рівня задоволеності клієнтів, щоб направляти процес і оцінювати його успіх. Після цього організація визначає всіх зацікавлених сторін, залучених у логістичний процес, таких як постачальники, перевізники, клієнти та внутрішні підрозділи, наприклад, закупівлі чи склади. Розуміння їхніх потреб, скажімо, потреби постачальників у даних про запаси чи клієнтів у відстеженні доставки, забезпечує врахування всіх вимог у системі.

Наступним кроком стає оцінка технологічної інфраструктури компанії, коли аналізуються наявні ІТ-системи, інструменти управління даними та комунікаційні мережі, щоб переконатися, що вони здатні підтримувати стандарт. Якщо виявляються недоліки, наприклад, застаріле програмне забезпечення чи слабка інтеграція даних, їх потрібно усунути, можливо, через оновлення систем чи покращення зв'язку. Іншим етапом є вибір технологічних рішень, таких як системи управління транспортом для оптимізації маршрутів чи технології відстеження, наприклад, GPS, які відповідають цілям компанії та інтегруються з існуючою інфраструктурою, щоб забезпечити видимість і контроль над логістикою.

Далі йде оптимізація логістичного потоку, коли створюється детальна схема, що охоплює весь шлях від початкової точки, наприклад, складу постачальника, до кінцевого пункту, такого як об'єкт клієнта. На схемі відображено кожен етап, включно з завантаженням, транспортуванням і розвантаженням, а також ключові моменти обміну даними чи прийняття рішень, допомагаючи виявити слабкі місця чи можливості для покращення прозорості. Після цього організація визначає вимоги до даних, необхідних для повного контролю логістичного процесу.

Графічне відображення процесу наведено на рис. 1.



Рисунок 1 – Діаграма Ісікави для оптимізації ланцюгів постачань

Задля зменшення часу доставки матеріалів, уникнення затримок через недоліки в логістичних процесах важливе впровадження стандартизованих процедур та процесів управління логістикою, використання спеціалізованого програмного забезпечення для планування та відстеження вантажів, а також оптимізацію маршрутів доставки і складського управління. До прикладу, США використовують технології GPS та RFID для відстеження матеріалів у реальному часі.

Важливим є питання екологічної стійкості логістичних процесів. Країни Європи для збереження природних ресурсів використовують місцеві матеріали. Такий підхід не тільки зменшує витрати на транспортування, але й сприяє розвитку місцевого господарства та сприяє зменшенню викидів CO<sub>2</sub> під час перевезень. Локальна переробка відходів та використання місцевих матеріалів в будівництві можуть допомогти зменшити екологічний відбиток будівництва.

Основні напрями оптимізації логістичних процесів включають впровадження міжнародних стандартів ISO, які покращують якість, безпеку та ефективність, а також інтеграцію BIM-технологій для покращення планування та зменшення відходів. Важливими є також стандартизовані процедури управління логістикою, використання сучасних технологій для моніторингу та оптимізації маршрутів доставки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мащак Н. М., Зеленюк В. Р. Оптимізація складської діяльності підприємства на засадах логістики. *Економіка та суспільство*. 2022. – Вип. 43. – С. 186-192.
2. Зубров С. М., Молчанов О. В. Ефективний логістичний менеджмент в умовах глобальних ризиків та трансформацій для України. *Економіка та регіон*. 2024. – №3. – С. 104-112.

## ВПРОВАДЖЕННЯ ІОТ (ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ) У МОНІТОРИНГ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Інтернет речей (ІоТ) в будівництві передбачає застосування сенсорів, пристроїв і технологій для автоматизації, контролю та управління різними етапами будівельного процесу. Сенс полягає у збиранні даних про стан будівельних об'єктів в реальному часі та їх подальшому використанні для підвищення ефективності, безпеки та якості роботи.

До прикладу впровадження технології можна віднести GPS-трекери, які стежать за місцезнаходженням будівельної техніки, що в свою чергу дозволяє правильно скорегувати план роботи на будівельному майданчику.



Рисунок 1 – Принцип відслідковування техніки за допомогою GPS-трекерів.

Або датчики вібрації, що дозволяють в режимі реального часу відстежувати та контролювати стан будівельної конструкції, попереджають про можливі деформації [1].

Переваги у цієї технології наступні:

- Впровадження ІоТ-сенсорів для віддаленого моніторингу стану обладнання, а також можливість аналізу руху і використання будівельних машин, може значно зменшити час простою техніки;
- Технологія дає можливість для постійного моніторингу витрат палива, матеріалів, електроенергії, води, що дає змогу значно скоротити витрати ресурсу, що в свою чергу призведе до збільшення прибутку;

- Датчики можуть відстежувати небезпечні ситуації, такі як, перегрів устаткування, наявність шкідливих газів, недотримання вимог безпеки, та сповіщати про аварійні ситуації;

- Будівництво серйозно впливає на забруднення довкілля, а технології IoT надають можливість застосовувати методи зменшення обсягів викидів в атмосферу, будівельного сміття та шуму;

До недоліків можна віднести:

- Висока вартість впровадження технологій. Закупівля датчиків, серверів програмного забезпечення та навчання персоналу потребує значних інвестицій.

- У віддалених від міської інфраструктури районах або при помилках в мережі можуть виникнути труднощі з передачею даних.

- Після впровадження та апробації технологій виникає потреба в захисті даних від кібер-атак, адже несанкціонований доступ до даних може призвести до втрати важливої інформації, отримання контролю над GPS-трекерами техніки або сенсорами;

- Недостатня кількість підготовлених та досвідчених фахівців у напрямі використання Інтернету речей.

Попри наявні недоліки впровадження IoT у моніторинг будівельних процесів дає можливість помітно збільшити безпеку, результативність та контроль над процесами. Якщо компанія готова інвестувати в навчання, безпеку та технічне обслуговування, та за умови правильного підходу до впровадження та кіберзахисту, ці технології можуть суттєво вдосконалити будівельну галузь.

Слід зауважити, що широке використання IoT можливе лише за підтримки муніципалітету, а також у контексті цифровізації будівельної галузі: в цьому випадку підхід до інтеграції має бути комплексним. Відкритим залишається питання навчання студентів в закладах вищої освіти, що може потребувати залучення фахівців-практиків та спільну розробку робочих програм навчальних дисциплін, де серед обладнання будуть присутні сучасні IoT системи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Палка О. В. Аналіз інтегрованої архітектури розумного міста з блокчейном та IoT. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2023. – Т. 33, №6. – С. 94-102.
2. Галілов А. Р. Інтеграція технологій Інтернету речей у будівельні проекти для підвищення ефективності моніторингу. *Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук*. Київський національний університет будівництва і архітектури, 2024. – 150 с.
3. Nafiu, Rabi. Impact of logistic activities on construction project delivery in nasarawa state. DOI: 10.13140/RG.2.2.15514.41924 (2023).

УДК 624.012.45

Бобраков А.А.<sup>1</sup>, Марченко А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-112 НУ «Запорізька політехніка»

## ВИКОРИСТАННЯ AUTODESK REVIT ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗРОБКИ КРЕСЛЕНЬ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

На сьогодні актуальним є питання підвищення якості та полегшення розробки креслень металевих конструкцій. Досягнення цієї цілі можливе за умови впровадження ефективного сучасного програмного забезпечення, що надасть можливість комплексно вирішувати задачі проектування. Прикладом може слугувати Autodesk Revit.

Autodesk Revit – це графічна система, що дозволяє створювати тривимірну модель об'єкту, яка відображає його геометричні і візуальні властивості, і видає інформацію про об'єкт на основі обробки цієї моделі (рис.1) [1].

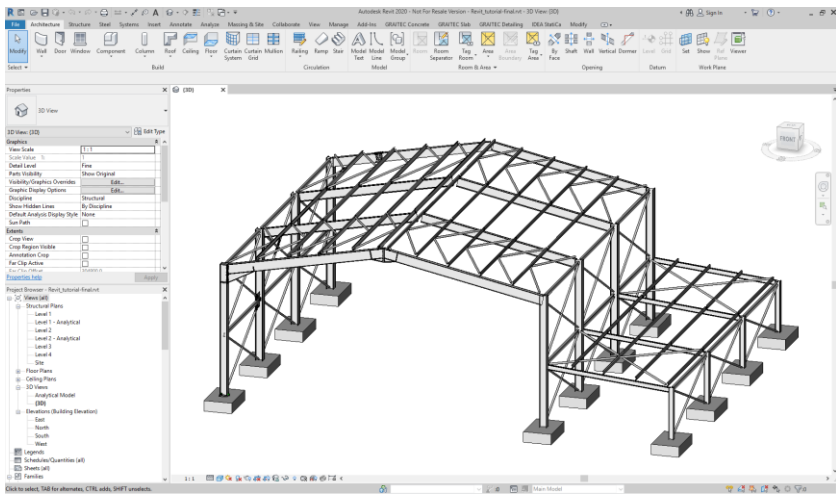


Рисунок 1 – Приклад виконання тривимірної моделі об'єкту в ПК Revit

Характерною особливістю Revit є можливість взаємодії з іншими програмними забезпеченнями, серед них можна виділити розробку компанії Dassault Systèmes (Франція) – платформа 3DEXPERIENCE. Ця інтеграційна платформа служить для керування процесами, даними і комунікаціями. Для інтеграції з Revit застосовуються конвертери, що дозволяє компаніям планувати, реалізовувати всі аспекти життєвого циклу продукту: від проектування та розробки до дистрибуції, маркетингу та продажів, а також забезпечує ро-

боту різних колективів інженерів та проектувальників у web-орієнтованому просторі, одночасно підтримуючи цілісність єдиної моделі, управління документами та функції календарно-мережевого планування.

Не менш важливим аспектом є підтримка програмою параметричного моделювання, що дозволяє легко створити альтернативні варіанти конструкцій, змінювати розміри, форму та конфігурацію елементів.

Revit відрізняється високою точністю та мінімальною кількістю помилок, а вбудована перевірка колізій допомагає виявляти та усувати конфлікти між конструктивними елементами ще на етапі їх проектування [2].

Хоча Autodesk Revit є потужним BIM-інструментом для проектування металевих конструкцій, але все ж таки має ряд недоліків:

Обмежена деталізація вузлів.

Для складних з'єднань необхідно створювати власні сімейства або використовувати сторонні плагіни.

Відсутні розширені інструменти для специфічних сталевих з'єднань.

Через цей недолік потрібно залучати інші програмні комплекси, такі як Tekla Structures, Advance Steel, які здатні повноцінно завершити креслення.

Обмежені можливості у формуванні специфікацій.

Автоматичні функції розробки специфікацій інколи неправильно відображають кількість і довжину, що вимагає ручного доопрацювання.

Враховуючи практичну потребу розробки креслень на високому рівні, Autodesk Revit є ефективним рішенням в даному випадку. Для розширення можливостей та більш деталізованих креслень можна використати таку потенційну перевагу, як інтеграція з іншими програмними забезпеченнями.

Перспективним напрямом є інтеграція Revit до освітніх програм в закладах вищої освіти, оскільки через брак фахівців на ринку праці гостро може стати питання вміння використання інформаційного моделювання. Наприклад, окремі модулі в межах ОК, пов'язані з розробкою проектної документації, доречно буде доповнити саме таким видом навчальних занять.

Таким чином, шляхом взаємодії відбувається розвиток технології та компенсується більшість недоліків, забезпечуючи при цьому повний безперервний цикл роботи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Барабаш М.С., Козлов С.В., Медведенко Д.В. Комп'ютерні технології проектування металевих конструкцій. Навчальний посібник. К.: НАУ, 2012. 572 с.

2. Андрухов В.М., Матвийчук В.В. Основні засади BIM проектування при розробці конструктивних рішень в Autodesk Revit. *Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»*. 2020. 18-25 с.

## МОДИФІКАЦІЯ СІРОБЕТОНУ МАГНЕТИТОМ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД РАДІАЦІЇ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ МІЦНОСТІ В УМОВАХ НИЗЬКОГО АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

У сучасному будівництві для екстремальних умов, таких як поверхня Марса (атмосферний тиск 610 Па, радіаційний фон 250 мЗв/рік) та високігірні регіони Землі, актуальним є подолання негативного впливу низького атмосферного тиску та радіації на структуру бетону. Сірковий бетон є перспективним матеріалом завдяки відсутності потреби у воді, що робить його ідеальним для умов із дефіцитом вологи, таких як Марс, де вода становить лише 0,03% атмосфери. Проте його деградація під дією радіації (втрата міцності на стиск до 2,7 МПа за рік) і теплових циклів (коливання температури від -140°C до +20°C на Марсі) потребує модифікацій для підвищення стійкості. Метою роботи є аналіз ефективності додавання магнетиту ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) до сіркового бетону для підвищення його радіаційного захисту та збереження міцності в умовах низького атмосферного тиску, що має практичне значення для космічних і земних екстремальних середовищ.

Дослідження показали, що радіація на Марсі, яка складається з гамма-променів (до 80% дози) і протонів (15%), викликає деградацію молекулярних зв'язків у сірковому бетоні, знижуючи його міцність на стиск із початкових 25 МПа до 22,3 МПа за рік експлуатації. Додавання 20% магнетиту ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) до складу сіркового бетону підвищує його щільність із 1,9 г/см<sup>3</sup> до 2,2 г/см<sup>3</sup>, що суттєво зменшує проникнення гамма-променів. Ефективність захисту від радіації розрахована за законом послаблення:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}, \quad (1)$$

де  $I_0$  – початкова інтенсивність гамма-променів (100 одиниць);  
 $\mu = 0,11 \text{ см}^{-1}$  – коефіцієнт послаблення для магнетиту при енергії 1 MeV,  
 $x = 50 \text{ см}$  – товщина шару бетону,  $I/I_0 \approx 0,004$  (рис. 1).

Це знижує дозу до 0,4%, зберігаючи міцність на рівні 22,2 МПа після року експлуатації. Магнетит також зменшує коефіцієнт теплового розширення з  $13 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  до  $4,44 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , що скорочує теплові напруження від 24,96 МПа до 18,71 МПа при  $\Delta T = 160^\circ\text{C}$ . Це знижує теплові напруження, розраховані за формулою:

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T, \quad (2)$$

де  $E = 25$  ГПа – модуль пружності бетону,

$\alpha$  – коефіцієнт теплового розширення,

$\Delta T = 160^\circ\text{C}$  – амплітуда теплового циклу на Марсі.

Без магнетиту  $\sigma = 24.96$  МПа, з магнетитом  $\sigma = 18.71$  МПа, що зменшує ризик тріщин на 25%.

У високогірних умовах Землі (тиск 30,000–50,000 Па, температура -  $10^\circ\text{C}$  до  $20^\circ\text{C}$ ) магнетит стабілізує структуру сіркового бетону, де традиційний бетон втрачає міцність через випаровування води (до 10% за рік). Експерименти показали, що при тиску 40,000 Па сірковий бетон із магнетитом зберігає міцність на рівні 28 МПа після 6 місяців, тоді як без добавки вона падає до 20 МПа через мікротріщини. Магнетит підвищує міцність на 10-20% (до 28-32 МПа), що підтверджує його ефективність у низькому тиску.

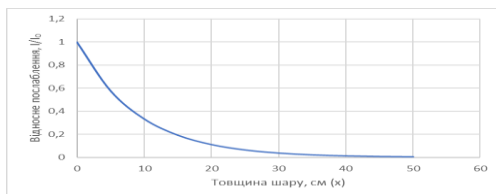


Рисунок 1 – Залежність послаблення гамма-променів від товщини шару сіркового бетону з магнетитом

Недоліки у цієї технології наступні: висока щільність магнетиту ( $5.18$  г/см<sup>3</sup>) ускладнює транспортування в умовах низької гравітації Марса ( $0.38$  g); можливе зниження пластичності бетону. Переваги: підвищення міцності на 10-20% (до 28-32 МПа), захист від радіації та теплових циклів. Шляхи рішення: використання місцевих ресурсів Марса (магнетит становить 5-10% реголіту), оптимізація вмісту добавки до 20-30% для балансу міцності та маси.

Висновки. Додавання магнетиту до сіркового бетону є ефективним способом подолання впливу радіації та низького тиску, забезпечуючи міцність 22,2-28,5 МПа в екстремальних умовах. Подальші дослідження потребують тестування стабільності добавок у реальних марсіанських умовах, або створення спеціалізованої лабораторії.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zhang X., Li Y. Sulfur Concrete for Lunar and Martian Applications // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2020. – Vol. 32. – № 8. – P. 04020205.
2. Banthia N., Gupta R. Radiation Shielding Properties of Magnetite-Modified Concrete // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 225. – P. 1123-1132.

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ КАРКАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА СЕЙСМІЧНІ ВПЛИВИ

Сейсмічні впливи становлять значну проблему для будівельних конструкцій, особливо в регіонах із підвищеною сейсмічною активністю, таких як окремі території України. Актуальність теми зумовлена необхідністю забезпечення безпеки споруд у таких умовах, адже землетруси можуть призводити до руйнувань і людських жертв. У роботі досліджуються сучасні методи розрахунку конструкцій на сейсмічні навантаження, аналізуються їхні особливості та порівнюються підходи, застосовані в Україні та світі, на прикладі каркасного елемента залізобетонної будівлі.

Для оцінки сейсмічних навантажень у ДБН В.1.1-12:2014 використовуються два основні методи: лінійно-спектральний (LSM) і прямий динамічний (DDM). У рамках LSM сейсмічна сила розраховується за формулою:

$$S = k_1 \cdot k_2 \cdot Q \cdot \beta, \quad (1)$$

де вага конструкції поєднується з коефіцієнтами надійності, відповідальності та динамічності. Цей метод простий у застосуванні, але має обмеження для складних систем. DDM, у свою чергу, базується на рівнянні руху:

$$M \cdot \ddot{u} + K \cdot u = -M \cdot \ddot{u}_g, \quad (2)$$

, що враховує масу, жорсткість і прискорення ґрунту, забезпечуючи точніші результати при наявності детальних даних. У роботі розглядається залізобетонна колона висотою 3 м із перерізом 0,4×0,4 м, яка несе перекриття масою 10 т, для аналізу обох методів.

Моделювання показало, що при модулі пружності бетону  $E = 30 \cdot 10^9$  Па, густині  $\rho = 2500$  кг/м<sup>3</sup> і прискоренні ґрунту  $\ddot{u}_g = 1,962$  м/с<sup>2</sup> жорсткість колони становить  $K \approx 7,1 \cdot 10^6$  Н/м. За LSM із коефіцієнтами  $k_1 = 1,0$ ,  $k_2 = 1,0$  і  $\beta = 2,5$  сейсмічна сила досягає 245,25 кН, тоді як DDM дає максимальне переміщення приблизно 0,01 м. Ці результати порівнюються з міжнародними стандартами, такими як ASCE 7-22, Єврокод 8 і японський BSL, що демонструють суттєво нижчі значення навантажень – від 9,81 до 24,53 кН. Такі розбіжності вказують на потребу вдосконалення українських норм.

Порівняння підходів розкриває їхні особливості. Українські норми вирізняються деталізацією коефіцієнтів і простотою LSM, однак фіксовані параметри обмежують адаптивність. ASCE 7-22 пропонує гнучкіший підхід із формулою:

$$F = C_s \cdot W, \quad (3)$$

Такий підхід враховує ширший діапазон умов, але менш деталізований для локального контексту. Єврокод 8 із формулою:

$$F = S_d \cdot m \cdot \lambda \quad (4)$$

забезпечує збалансованість, а японський BSL із формулою:

$$F = Z \cdot R_t \cdot C_0 \cdot W \quad (5)$$

орієнтований на максимальну безпеку критичних об'єктів [1].

Сейсмічна активність в Україні, хоч і не є повсюдною, становить загрозу в таких регіонах, як Закарпаття, де магнітуда землетрусів може сягати 8 балів за шкалою MSK-64. Розрахунки за ДБН показують завищені значення сил порівняно з міжнародними стандартами, що може призводити до перевитрат матеріалів. Наприклад, для колони з масою перекриття 10 т і прискоренням ґрунту 0,2g американський стандарт дає силу 9,81 кН, а японський – 19,62 кН, що вдсятеро менше, ніж за LSM. Це пояснюється різними підходами до оцінки динамічності та врахування ґрунтових умов. У той же час, DDM дозволяє моделювати реальну поведінку конструкції, але потребує акселерограм, які в Україні доступні не завжди. Міжнародні стандарти пропонують ширший спектр інструментів, таких як спектральний аналіз і моделювання нелінійної поведінки, що може бути корисним для складних споруд, наприклад, висотних будівель чи мостів. Українська практика могла б запозичити ці методи для підвищення точності розрахунків, зберігаючи при цьому простоту для типових проєктів. Розглядаючи приклад колони, бачимо, що її жорсткість і переміщення за DDM корелюють із теоретичними прогнозами, але потребують верифікації на реальних об'єктах.

Недоліки у цієї технології наступні: у ДБН фіксовані коефіцієнти ускладнюють адаптацію до різних умов, а відсутність повсюдного доступу до акселерограм обмежує DDM. Переваги полягають у простоті LSM і деталізації нормативних параметрів для типових будівель. Шляхи рішення включають розробку гнучких коефіцієнтів і розширення бази даних сейсмічних характеристик. Таким чином, [2] удосконалення норм може підвищити їхню ефективність.

ASCE 7-22 менш деталізований для локальних умов України, що може ускладнити врахування специфіки ґрунтів. Переваги – у гнучкості проєктування та широкому діапазоні коефіцієнтів. Шляхи рішення передбачають інтеграцію локальних спектрів для підвищення точності.

Уніфікація Єврокоду 8 іноді ігнорує особливості місцевих ґрунтів, що може впливати на результати. Переваги полягають у широкому охопленні типів конструкцій і збалансованому підході. Шляхи рішення включають адаптацію до українських умов шляхом уточнення спектральних параметрів.

Японський BSL складний для простих споруд, що робить його менш практичним для масового будівництва. Переваги – висока точність для критичних об'єктів, таких як атомні станції чи висотні будівлі. Шляхи рішення передбачають спрощення розрахунків для типових проєктів.

Сейсмічні розрахунки є ключовим елементом сучасного будівництва, адже від них залежить стійкість споруд. Українські норми ефективні для стандартних конструкцій, але потребують модернізації для відповідності міжнародним практикам. Моделювання каркасного елемента показало, що адаптація підходів може зменшити навантаження на конструкцію без втрати безпеки, що економічно вигідно.

Висновки. Методи ДБН забезпечують базову надійність для типових будівель, але їхня гнучкість і точність потребують удосконалення. Міжнародні стандарти пропонують ширші можливості, які варто інтегрувати в українську практику для підвищення безпеки та ефективності проєктування.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. – Київ: Мінрегіон України, 2014.
2. ASCE 7-22: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings. – ASCE, 2022.
3. EN 1998-1: Eurocode 8 – Design of Structures for Earthquake Resistance. – CEN, 2004.
4. Building Standard Law of Japan (BSL). – Japan, 2019.

УДК 528.48:004.9

Кулік М.В.<sup>1</sup>, Болюк С.В.<sup>2</sup>, Головатюк А.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. БАД-114м НУ «Запорізька політехніка»

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ: ІНТЕГРАЦІЯ З ВІМ ТА ПОРІВНЯННЯ ПІДХОДІВ**

Геозеизична підготовка будівельного майданчика є важливим етапом, що визначає точність реалізації проєкту та безпеку споруди. Проблематика полягає в необхідності адаптації традиційних методів до сучасних технологій, таких як дрони та ВІМ, враховуючи специфіку місцевих умов. Актуальність теми зумовлена зростанням складності будівельних об'єктів і потребою в точних даних для цифрового моделювання. У роботі аналізуються сучасні

методи геодезичної підготовки, їх інтеграція з BIM та порівняння українських норм (ДБН В.1.3-2:2010) із європейськими підходами. Сучасні технології, такі як GNSS і LiDAR, дозволяють підвищити точність вимірювань. Основна увага приділяється новим трендам, їх перевагам і викликам.

Геодезична підготовка включає створення розмічувальних мереж, маркування осей і контроль точності. У ДБН В.1.3-2:2010 детально описано процеси створення зовнішніх і внутрішніх мереж, які прив'язуються до опорних геодезичних пунктів. Ці норми забезпечують базову точність, але менш адаптовані до інновацій, таких як лазерне сканування. Сучасні методи, навпаки, використовують дрони для аерофотозйомки та GNSS для позиціонування з точністю до сантиметрів, що значно прискорює підготовку майданчика. Текст далі розкриває, як ці технології інтегруються з BIM, створюючи цифрові моделі для планування та моніторингу.

Інтеграція геодезичних даних із BIM дозволяє в реальному часі оновлювати проєктні моделі, що зменшує помилки під час будівництва. Наприклад, дані з LiDAR імпортуються в BIM для створення 3D-моделей рельєфу, що полегшує аналіз і координацію між командами. У Європі подібні підходи широко застосовуються, наприклад, у стандартах RICS, де акцент робиться на автоматизацію та цифрові рішення. Українські норми, хоч і деталізовані, відстають у впровадженні таких технологій, що може ускладнити роботу з великими проєктами.

Порівняння показує, що європейські методики пропонують гнучкість у використанні нових інструментів, тоді як ДБН більше зосереджені на традиційних процедурах. Наприклад, у Великій Британії дрони та AI активно застосовуються для прогнозування деформацій, а в Україні ці технології лише набирають обертів. Текст далі аналізує, як ці відмінності впливають на підготовку майданчика, враховуючи локальні умови, такі як рельєф чи щільність забудови [1].

Сучасні технології геодезичної підготовки, такі як мобільні системи картографування та роботизовані тотальні станції, дозволяють автоматизувати процеси та зменшити людський фактор. Дрони з камерами високої роздільної здатності створюють детальні карти за години, а не дні, що критично для великих інфраструктурних проєктів. LiDAR, інтегрований із BIM, забезпечує точні моделі не лише рельєфу, а й існуючих мереж, що зменшує ризик пошкодження підземних комунікацій. У Європі, наприклад, GNSS поєднується з EUREF для високоточного позиціонування, тоді як в Україні опорні мережі часто базуються на застарілих даних. Аналіз ДБН В.1.3-2:2010 показує, що документ чітко регламентує маркування осей і контроль, але не враховує потенціал хмарних обчислень чи AR/VR для візуалізації. Порівняно з європейськими підходами, де екологічність і автоматизація є пріоритетами, українські норми потребують оновлення для відповідності сучасним трендам.

Недоліки у цієї технології наступні: традиційні методи ДБН повільніші та менш точні порівняно з дронами чи LiDAR. Переваги полягають у чіткій регламентації та доступності для невеликих проєктів. Шляхи рішення включають оновлення норм із урахуванням нових технологій. Таким чином, [2] адаптація ДБН підвищить ефективність підготовки.

Впровадження GNSS потребує дорогого обладнання та кваліфікованих спеціалістів. Переваги – висока точність і швидкість. Шляхи рішення передбачають навчання персоналу та субсидування техніки.

Дрони чутливі до погодних умов і потребують дозволів на польоти. Переваги – швидке картографування великих площ. Шляхи рішення включають розробку стійкіших моделей і спрощення регуляцій.

LiDAR дорогий і складний в обробці даних. Переваги – детальні 3D-моделі для BIM. Шляхи рішення – використання хмарних платформ для обробки.

BIM потребує значних початкових інвестицій і координації. Переваги – зменшення помилок і підвищення ефективності. Шляхи рішення – поступове впровадження та стандартизація.

Сучасні тренди, як-от AI для аналізу деформацій чи хмарні обчислення, можуть значно покращити геодезичну підготовку в Україні. Наприклад, прогнозування деформацій за допомогою машинного навчання, як описано в літературі, підвищує безпеку споруд. Інтеграція з BIM забезпечує єдину платформу для всіх етапів будівництва, що економить ресурси та час.

Висновки. Сучасні технології геодезичної підготовки, такі як GNSS, дрони та LiDAR, разом із BIM, трансформують процеси підготовки майданчиків. Українські ДБН потребують модернізації для інтеграції цих інновацій, тоді як європейські підходи вже демонструють їх переваги. Адаптація норм підвищить точність і ефективність будівництва.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. . ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
2. RICS. Surveying Practice Guidelines. – London: Royal Institution of Chartered Surveyors, 2020.
3. SierraSoft. BIM for Land Surveying and Infrastructures. – 2023.
4. TS2 Space. AI in Geodesy: How Deep Learning is Changing Surveying. – 2023.

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВЕЛЬНОМУ ІНФОРМАЦІЙНОМУ МОДЕЛЮВАННІ**

ВІМ-технології представляють собою процес оптимізації планування, проектування, будівництва, експлуатації та обслуговування споруд та будівель, в основі якого – створення цифрових відображень фізичних та функціональних характеристик об'єктів та керування цими зображеннями [1]. Моделі в перспективі зменшують забруднення навколишнього середовища та матеріальні втрати, спричинені будівельними матеріалами в процесі транспортування на великі відстані.

Різниця між зеленими будівлями, заснованими на технології інформаційного моделювання, і традиційними будівлями полягає в тому, що в зелених будівлях використовуються екологічно чисті матеріали, уникаючи негативного впливу навколишнього середовища на будівлі [2].

На підготовчому етапі проектування зелених будівель ВІМ-технології передають робітникам модель споруди та необхідну проектну інформацію. За допомогою ВІМ моделюються наслідки та вплив на навколишнє середовище, порівнюються створені проекти та обираються найбільш енерго- та ресурсозберігаючі з-поміж усіх. На основі планування проекту зеленого будівництва, умов будівельного майданчика та відгуків субпідрядників ВІМ має можливість автоматично розрахувати орієнтовну потребу в робочій силі, матеріалів і обладнання, формулює маршрути логістики та транспортування.

Але, як і будь-яке рішення, інтеграція ВІМ технологій у проектування зелених будівель не обходиться без своїх недоліків. Під час обміну інформацією між замовниками та підрядниками можуть виникати проблеми із форматом, у якому перебуває інформація. Поширеною проблемою є відмова компаній від використання ВІМ технологій у зв'язку з необхідністю навчання персоналу і проблема відсутності навичок користування ВІМ.

На етапі зведення будівлі візуалізація ВІМ може допомогти у візуальному виявленні потенційних ризиків, щоб забезпечити відповідні зміни проекту, уникнути затримок. Інформаційне моделювання забезпечує збір, зберігання та керування інформацією та знаннями в усьому процесі будівництва зелених будівель, а також інтегрує фрагментовану інформацію в єдиний формат у відповідний файл. Наявна вбудована можливість автоматично генерувати розрахунки для оцінки витрат матеріалів і приблизної вартості проекту, забезпечити ефективну платформу співпраці для зацікавлених сторін для спілкування та співпраці в процесі будівництва зелених будівель. Усі зміни в

проекти відображені вчасно, а рішення, негайно завантажуються на платформу BIM і повідомляються іншим зацікавленим сторонам.

На етапі здавання будівлі в експлуатацію всю інформацію, пов'язану з будівлею, можна зберігати, класифікувати та витягувати в BIM. Ця інформація об'єднується в один файл у заданому форматі, що дає змогу продемонструвати всю 3D-модель зелених будівель для перевірки персоналом остаточного приймання [3].

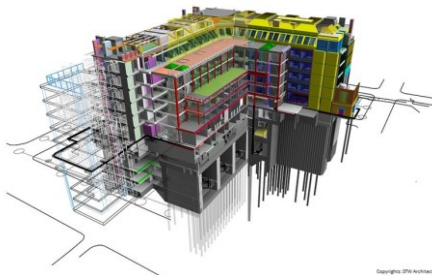


Рисунок 1 – Представлення будівлі в 3D-виді

Технологія BIM забезпечує базу підтримки прийняття рішень для оцінки викидів вуглецю протягом життєвого циклу будівель і вивчення екологічно стійкіших заходів для оптимізації процесу розробки проєктної документації.

Існують бар'єри, які заважають використанню BIM. У процесі передачі інформації між будівельними організаціями «зеленого» будівництва та організаціями з управління об'єктами «зеленого» будівництва пропуски інформації та невідповідність форматів все ще залишаються головними проблемами для обох сторін. Враховуючи високі витрати на навчання BIM, організаціям може не вистачати достатньої кількості операторів BIM, що потребує підтримки з боку муніципалітету.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Building information modeling. Wikipedia - [Електронний ресурс], URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Building\\_information\\_modeling#International\\_developments](https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling#International_developments)
2. Mohammed Alhammad, Matt Eames, Raffaele Vinai. Enhancing Building Energy Efficiency Through Building Information Modeling and Building Energy Modeling Integration: A Systematic Review. Buildings 2024, 14, 581. <https://doi.org/10.3390/buildings14030581>
3. Jiang L. Environmental benefits of green buildings with BIM technology. Ecol Chem Eng S. 2023; 30(2):191-9. DOI: 10.2478/eces-2023-0023.

УДК 69.059.3

Гітуляр Л.А.<sup>1</sup>, Келеберденко Т.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. БАД-114м НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-113 НУ «Запорізька політехніка»

## **ШЛЯХИ ІНТЕГРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У КОНТЕКСТІ ПРАКТИК «ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА»**

Під поняттям «зелене будівництво» розуміють практику будівництва та експлуатації будівель, що має на меті зниження рівня споживання енергетичних і матеріальних ресурсів протягом всього життєвого циклу будівлі. Іншою метою зеленого будівництва є збереження або підвищення якості будівель і комфорту їх внутрішнього середовища.

В зв'язку з політикою збереження доступних ресурсів існує потреба в інтеграції ВІМ з енергетичним моделюванням будівель (ВЕМ), що дає інноваційну можливість продемонструвати потенціал ВІМ для мінімізації споживання енергії шляхом інтеграції програмного забезпечення для збору інформації про енергоспоживання будівель та їх подальшої експлуатації.

Програми ВЕМ приймають як вхідні дані опис будівлі, включаючи геометрію, будівельні матеріали та освітлення, опалення, вентиляцію, кондиціювання, охолодження, нагрівання води та конфігурації систем відновлюваної генерації, ефективність компонентів і стратегії керування. У моделі зберігаються описи використання та режими роботи будівлі: графіки заповнюваності, освітлення, навантажень і налаштувань термостата. ВЕМ-технології поєднують ці вхідні дані з інформацією про місцеві кліматичні умови, використовують фізичні рівняння для розрахунку теплових навантажень, реакції системи на ці навантаження та кінцевого використання енергії разом із відповідними показниками, такими як комфорт мешканців і витрати на енергію. ВЕМ-технології виконують повний рік обчислень і враховують системну взаємодію, наприклад, між освітленням і опаленням/охолодженням [1].

Дана інтеграція має певні недоліки. По-перше, тривалий час моделювання аналітичної моделі та інші часові обмеження. Проєктувальники можуть не мати достатньо часу, щоб оцінити та вибрати з безлічі варіантів дизайну.

По-друге, погана координація вихідних/вхідних даних аналітичної моделі. Проблема виникає через невідповідність між вхідними даними та результатами проєкту.

Задля досягнення енергоефективності будівництва пропонується розглядати кліматичні сценарії майбутнього, тобто проєктувати таким чином, аби мати справу з майбутніми змінними кліматичними режимами, включаючи заходи з адаптації.

Розглянемо декілька прикладів програмного забезпечення, яким можна користуватися при проєктуванні енергоефективних будівель.

Архітектори, інженери та дизайнери можуть використовувати ефективний інструмент Autodesk Insight, щоб приймати рішення на основі даних для покращення ефективності будівлі. Autodesk Insight надає користувачам платформу, розроблену для аналізу споживання енергії, впливу на навколишнє середовище та комфорту мешканців.

Іншим програмним забезпеченням, яке пропонує Autodesk, є Autodesk Green Building Studio (AGBS) – гнучке хмарне програмне забезпечення для оцінки енергоспоживання. Тут ширший спектр аналізу продуктивності, який можна налаштувати. Використання ж такої програми як Revit як моделі для концептуалізації дасть змогу проаналізувати енергію та те, як будівля її використовує [2].

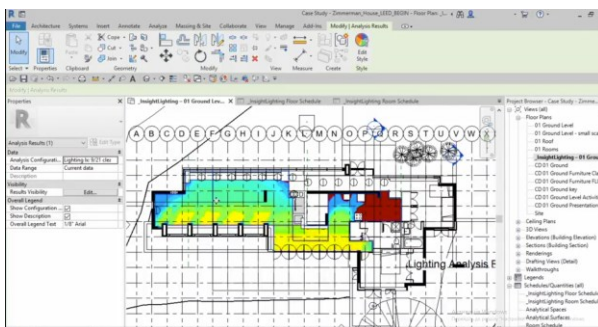


Рисунок 1 – Autodesk Revit аналізує використання енергії будівлею

Майже 40% споживання енергії припадає на зведення та експлуатацію будівель та споруд. Тому існує потреба в інтеграції ВІМ з енергетичним моделюванням будівель (ВЕМ). Інтеграція будівельного енергетичного моделювання із інформаційним дозволяє досягнути зменшення споживання енергії, матеріалів та ресурсів під час проєктування та експлуатації.

Перевагами інтеграції є базу даних швидкого створення та підвищена точність в порівнянні різних ресурсозбережливих проєктів. Недоліками – тривалий час створення аналітичної моделі та погана координація вихідних/вхідних даних. Найчастіше використовуються такі програми як Autodesk Insight, Autodesk Green Building Studio та Revit.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. About Building Energy Modeling. Електронний ресурс, URL: <https://www.energy.gov/eere/buildings/about-building-energy-modeling>
2. Cao, Yu, Syahrul Nizam Kamaruzzaman, and Nur Mardhiyah Aziz. «Green building construction: a systematic review of BIM utilization». J. Buildings 12.8,1205 (2022) <https://doi.org/10.3390/buildings12081205>

УДК 62-52:69:005.6

Левченко Н.М.<sup>1</sup>, Дрига О.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р держ. упр., проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-114м НУ «Запорізька політехніка»

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА**

Сучасний світ переживає справжній технологічний прорив, де робототехніка стала невід'ємною частиною життя і роботи людини. Ця сфера, підсилена досягненнями штучного інтелекту, програмування, кібернетики та аналізу даних, відкриває колосальні можливості для вдосконалення процесів, які раніше вважалися звичними.

Однією з галузей, що зазнає кардинальних змін, є проектування та зведення міських об'єктів. За своїм значенням цей етап розвитку можна порівняти з промисловою революцією кінця XIX століття, коли парові машини різко підняли ефективність виробництва. Сьогодні ж робототехніка забезпечує небачену швидкість, точність і продуктивність у будівництві, дозволяючи зменшувати чисельність робочих груп, зберігаючи при цьому високий рівень результатів. Однак це також підвищує попит на спеціалістів із вузькою кваліфікацією, які здатні оперувати передовими технологіями.



Рисунок 1 – 3D-друк як напрям у будівельній робототехніці

Одним із інноваційних застосувань робототехніки в будівництві є технологія 3D-друку. Підхід являє собою розширену версію класичного 3D-принтера, адаптовану для створення будівельних конструкцій із бетонних сумішей. Метод дозволяє зводити одно- та двоповерхові споруди і вже демонструє вражаючі перспективи в усьому світі:

– Китай – оголосив про плани зведення 1,5 мільйона житлових будинків у Саудівській Аравії, використовуючи власні 3D-принтери, що свідчить про амбітність і масштаби технології;

– Італія розробила найбільший на сьогодні будівельний 3D-принтер із висотою 12 м і шириною 6 м, здатний втілювати складні архітектурні задуми;

– ОАЕ завершили проєкт офісної будівлі, включно з інтер'єром, надрукованої за 17 днів із бюджетом у 140 тисяч доларів, демонструючи економічну вигоду методу;

– США представили концепцію сферичного будинку з хвилеподібним дахом, спеціально спроектованого для максимальної оптимізації під 3D-друк.

– Японія, Швейцарія та Данія активно досліджують і впроваджують власні рішення у сфері будівельного 3D-друку.

Будівельні 3D-принтери вирізняються двома основними характеристиками:

– Розміри. Залежно від проєкту, габарити обладнання можуть варіюватися від розмірів невеликого вантажного транспорту до конструкцій, подібних до великих кранів;

– Матеріали та функціональність. Основою є пластикна бетонна суміш, яка подається через високоточну головку принтера. Цей елемент дозволяє створювати різноманітні частини будівлі — від фундаментів і стін до сходів і отворів для інженерних систем.

При цьому наявний ряд недоліків та обмежень:

Технологія поки що не є універсальною і застосовується переважно для окремих завдань, наприклад, створення монолітних каркасів, але не охоплює повний цикл будівництва чи реконструкції. Висока ціна сучасних 3D-принтерів ускладнює їх масове впровадження. Недостатній рівень розвитку технології та низький ринковий попит гальмують її поширення.

3D-друк у будівництві відкриває двері до майбутнього, де швидкість, якість і економічна доцільність стануть нормою. Хоча технологія стикається з викликами, такими як висока вартість і обмежена функціональність, її потенціал незаперечний. Для подальшого прогресу потрібні інвестиції в наукові дослідження, підготовку кадрів і популяризацію інновацій серед будівельних компаній. Україна в перспективі має реальні можливості стати активним учасником цієї технологічної еволюції, сприяючи розвитку розумних і екологічних міст майбутнього.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іванов-Костецький С., Гуменник І., Воронкова І. Шляхи застосування технологій 3D-друку у створенні сучасних об'єктів архітектури. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Сер. Архітектура. 2022. № 1(7). С. 54–64. URL: <https://doi.org/10.23939/sa2022.01.054>.

2. Про застосування 3D технологій у будівництві [Електронний ресурс] / Нові Зодчі. — Режим доступу: <https://www.n-zodchie.com/ua/articles/prozastosuvannya-3d-tehnologiy-u-budivnytstvi.html> – Дата звернення: 13.04.2025.

УДК 658.51:004.453

Загребін В.В.<sup>1</sup>, Скачков Р.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. БАД-112сп НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-114м НУ «Запорізька політехніка»

## РОЗВИТОК АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ РИЗИКАМИ НА ОСНОВІ BIG DATA ТА АНАЛІТИКИ

Будівельна галузь є ключовим сектором економіки, що постійно трансформується під впливом інноваційних технологій та цифрових рішень. В останні роки управління будівельними ризиками стало необхідним через зростання складності проєктів, бюджетних обмежень та посилення регуляторних вимог, що підкреслює потребу в сучасних методологіях оцінки ризиків. Традиційні методології прогнозування вже не є адекватними для аналізу об'ємних масивів даних, що зумовлює впровадження систем, заснованих на великих даних та штучному інтелекті.



Рисунок 1 – Інтеграція сучасних технологій в управлінні будівельними ризиками

Використання великих даних у будівельній галузі (рис. 1) полегшує інтеграцію об'ємних даних з різних джерел, що дозволяє проводити комплексну оцінку ризиків. Дані сенсорів IoT, історичні відомості про будівництво, фінансові розрахунки, геологічні дослідження тощо. Наприклад, у великих інфраструктурних проєктах застосовуються алгоритми машинного навчання, які аналізують будівельні матеріали, проєктну документацію та умови навколишнього середовища для визначення можливих ризиків. Наприклад, у контексті масштабних інфраструктурних проєктів алгоритми машинного нав-

чання застосовуються для аналізу будівельних матеріалів, проектної документації та умов навколишнього середовища, що полегшує виявлення потенційних ризиків.

Основні принципи адаптивного управління будівельними ризиками полягають у наступному:

- Використання сенсорних систем для моніторингу стану будівельних конструкцій в режимі реального часу.
- Аналіз даних про погодні умови та геологічні особливості території.
- Застосування машинного навчання для прогнозування можливих дефектів на ранніх стадіях будівництва.
- Інтеграція цифрових двійників (Digital Twins) полегшує візуалізацію та аналіз сценаріїв потенційних ризиків.

У контексті сучасних будівельних проєктів було продемонстровано, що впровадження технологій Big Data дає значні переваги, особливо в сфері управління ризиками.

Наприклад, впровадження цифрових двійників міської інфраструктури допомагає прогнозувати затори на дорогах та оптимізації логістики будівельних матеріалів.

Використання аналітичних систем для оцінки сейсмічних ризиків дозволяє підвищити стійкість споруд до землетрусів.

А системи штучного інтелекту застосовуються для автоматичного аналізу будівельних проєктів, тим самим знижуючи ймовірність прорахунків у конструкціях.

Інтеграція Big Data в адаптивне управління будівельними ризиками дозволяє підвищити ефективність і безпеку будівельних проєктів. Основні переваги включають скорочення витрат, покращене прогнозування ризиків, оптимізацію використання ресурсів та зниження рівня аварійності. Майбутнє цієї галузі, ймовірно, буде характеризуватися підвищенням рівня автоматизації та інтеграцією штучного інтелекту в процеси управління.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Макуха Р. С. Управління ризиками будівельної галузі в Україні. Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу. 2024. – Вип. 2(58). – С. 39-44.
2. Якушев О. В. Особливості управління діяльністю будівельних підприємств в умовах постконфліктної економіки. Економіка і організація управління. 2024. – №2(54). – С. 134-140.
3. Erfani A. Data-Driven Risk Modeling for Infrastructure Projects Using Artificial Intelligence Techniques. arXiv preprint arXiv:2311.14203. 2023.

## **МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ**

Параметричне проектування – сучасний підхід до архітектурного дизайну, який використовує алгоритми та математичні моделі для створення гнучких, змінних і адаптивних проєктів. Метод дозволяє швидко реагувати на різноманітні умови – кліматичні, функціональні чи естетичні – і створювати унікальні рішення, що виходять за межі можливостей традиційного проєктування.

Параметричне проектування базується на математичних залежностях, які визначають форму, структуру та взаємозв'язок між елементами архітектурного проєкту. У центрі цього підходу лежать параметри — змінні величини, які архітектор може налаштовувати для адаптації проєкту. Наприклад, зміна параметрів, таких як кут нахилу фасаду, розмір вікон чи товщина конструктивних елементів, дозволяє миттєво перебудувати модель без необхідності переробляти її вручну.

Суть методу полягає в тому, що архітектор задає правила (алгоритми), а не фіксовані форми. Наприклад, якщо потрібно оптимізувати будівлю для максимального використання сонячного світла, параметрична модель автоматично підлаштує орієнтацію вікон чи форму даху відповідно до введених даних. Інструменти, що використовуються в параметричному проєктуванні:

Autodesk Dynamo. Інтегрує параметричне проєктування з BIM. Дозволяє не лише створювати адаптивні моделі, а й управляти всією інформацією про будівлю — від матеріалів до кошторисів — на різних етапах проєкту.

CATIA. Розроблена для аерокосмічної та автомобільної промисловості, програма знайшла застосування в архітектурі завдяки своїй здатності проєктувати складні криволінійні форми.

Параметричне проектування відкриває нові можливості в різних галузях архітектури та суміжних дисциплінах.

1. Архітектурний дизайн. Метод дозволяє створювати складні, органічні та нелінійні форми, які важко реалізувати традиційними засобами. Наприклад, параметричні алгоритми оптимізують фасади будівель, адаптуючи їх до сонячного освітлення чи кліматичних умов.

2. Планування міст та інфраструктури. Параметричні моделі аналізують транспортні та пішохідні потоки, допомагаючи оптимально розміщувати будівлі, вулиці та громадські простори. Алгоритми можуть автоматично гене-

рувати десятки варіантів планування міста, враховуючи щільність населення, доступність інфраструктури чи екологічні фактори.

3. Ландшафтна архітектура. Параметричний підхід інтегрує природні процеси з цифровими технологіями. Наприклад, моделі можуть оптимізувати розміщення зелених зон для зменшення ефекту «міського острова тепла» або проектувати системи збору дощової води, які враховують рельєф і кліматичні умови.

Параметричне проектування не позбавлене труднощів. Воно вимагає від архітекторів нових навичок – знання програмування, алгоритмічного мислення та роботи з цифровими платформами. Крім того, складність моделей іноді ускладнює їх інтеграцію з традиційними будівельними процесами, де переважають стандартні технології та матеріали.

Проте перспективи цього методу вражають. У найближчому майбутньому штучний інтелект зможе автоматично оптимізувати параметри проєктів на основі великих даних – наприклад, прогнозів погоди чи поведінки користувачів. Роботизовані системи, своєю чергою, втілюватимуть ці ідеї з безпрецедентною точністю. Уже зараз параметричне проектування застосовується в експериментальних проєктах, таких як саморегульовальні «живі» будівлі, які адаптуються до зовнішнього середовища в реальному часі.

Параметричне проектування – це революційний підхід, який змінює архітектуру, роблячи її більш адаптивною, ефективною та інноваційною. Завдяки високій точності, автоматизації та інтеграції з передовими технологіями метод відкриває нові горизонти для створення будівель і міських просторів. У майбутньому параметричне проектування стане основою для "розумної" архітектури, яка не лише відповідає сучасним викликам, а й передбачає потреби завтрашнього дня. Це не просто інструмент — це нова філософія проектування, що поєднує творчість із технологіями.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Tarasiuk V., & Belokon, O. (2018). Параметричний метод нормування у будівництві. *Наука та будівництво*, 18(4), 13-17.
2. Malik T., Yemets O. (2022) Use of parametric design in public interiors. Theory and practice of design. *Culture and art*. 2(26). P. 167-172,
3. Вергунов С. В. Тривимірне моделювання у промисловому дизайні України кінця ХХ – початку ХХІ ст.: автореф. дис. канд. мистецтвознавства. / *Харківська державна академія дизайну і мистецтв*. Харків, 2010. 23 с.
4. Маслова С.А., Тищенко О.В. Параметрична архітектура як окремий стиль сучасної архітектури. *Архітектурний рисунок у контексті професійної освіти*, 2018. № 3. С. 81-82.
5. Autodesk Dynamo – офіційна документація [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://dynamobim.org> — Дата звернення: 25.03.2025.

УДК 721.01:004.9

Назаренко О.М.<sup>1</sup> Тесленко Є.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-114 НУ «Запорізька політехніка»

## **РОЗРАХУНОК БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS: ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ІНЖЕНЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Autodesk Robot Structural Analysis є потужним програмним забезпеченням для інженерів-будівельників, яке призначене для точного розрахунку та аналізу будівельних конструкцій. Воно підходить для роботи зі сталевими, залізобетонними та дерев'яними елементами, враховуючи навантаження: статичні, динамічні, температурні, сейсмічні тощо. Програма сумісна з національними стандартами, зокрема з ДБН України, що робить її зручною для використання в місцевих проєктах.

Robot Structural Analysis дозволяє створювати деталізовані тривимірні моделі конструкцій, таких як ферми, колони, рами, плити та оболонки. Програма підтримує як лінійний, так і нелінійний аналіз, що дає змогу враховувати складні процеси, наприклад, пластичні деформації чи великі переміщення. Для оцінки динамічних впливів доступні інструменти аналізу власних частот, гармонічного впливу та сейсмічних навантажень за спектральним методом. Важливою перевагою є інтеграція з BIM-платформами, зокрема з Autodesk Revit.

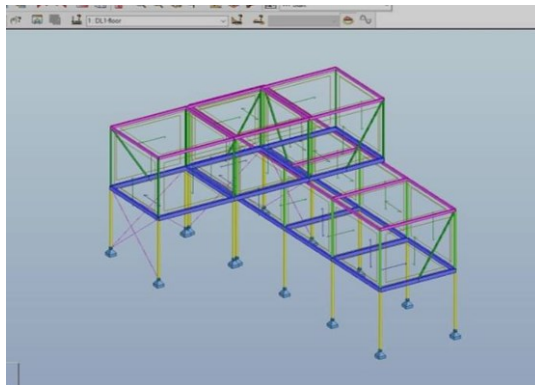


Рисунок 1 – Створення тривимірних моделей для розрахунку

У будівельній практиці Robot Structural Analysis застосовується для розрахунку каркасів будівель, мостів, веж та інших споруд. Програма моделює

реальні умови експлуатації, враховуючи снігові, вітрові, температурні та сейсмічні навантаження. Наприклад, при проектуванні сталевих конструкцій вона автоматично визначає оптимальні перерізи елементів, що сприяє економії матеріалів.

Особливу увагу приділено аналізу з'єднань. Програма моделює зварні, болтові та клейові вузли, а також оцінює їхню стійкість до вогневих впливів. Це критично для об'єктів, де безпека є пріоритетом, наприклад, у промислових чи громадських будівлях.

На відміну від ручних розрахунків, Robot Structural Analysis забезпечує швидкість і точність. Автоматизація звільняє інженерів від рутинної роботи, дозволяючи зосередитися на оптимізації проєктів. Програма генерує детальні звіти та візуалізації, що спрощує презентацію результатів для замовників і підрядників.

Програмне забезпечення відкриває нові горизонти для інженерного аналізу завдяки своїм розширеним можливостям моделювання складних конструктивних систем. Наприклад, програма забезпечує точне прогнозування поведінки конструкцій під дією комбінованих навантажень, включно з динамічними впливами та ефектами тривалої експлуатації. Унікальною є її здатність до автоматизованого калібрування моделей за допомогою параметричних алгоритмів, що дозволяє інженерам досліджувати численні сценарії без значних витрат часу. В свою чергу, вбудовані інструменти для аналізу тріщиностійкості та втоми матеріалів сприяють розробці довговічних споруд, що відповідають найвищим стандартам безпеки та ефективності. Можливість проведення моделювань робить програму важливою для академічних досліджень і практичного проєктування.

Autodesk Robot Structural Analysis – сучасний інструмент, який оптимізує процеси інженерного моделювання. Його використання підвищує точність будівельних креслень, знижує витрати та сприяє впровадженню цифрових технологій в будівельній галузі України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Juras B. The use of optical scanner in measurements of complex shape objects / B. Juras, D. Szewczyk, J. Sladek // Research Journal. Advances in Science and Technology. – 2013 Sept. – Vol. 7. – № 19. – P. 48–54.
2. Козяр М. М., Парфенюк О. В. Створення та використання педагогічних програмних засобів із вивчення систем автоматизованого проєктування майбутніми фахівцями технічної галузі. Інноваційна педагогіка. 2019. Вип. 14 (1). С. 80–86.
3. Sitnik R. Karaszewski M.: Optimized point cloud triangulation for 3D scanning systems. Graphics & Vision International Journal, 17, 2008.

УДК 691:405.8

Зубричев О.С.<sup>1</sup>, Шевченко В.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. арх., доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> ст. гр. БАД-114сп НУ «Запорізька політехніка»

## **ПЕРСПЕКТИВИ ТА МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У БУДІВНИЦТВІ**

З розвитком технологій останніми роками на будівельні майданчики активно впроваджуються нові рішення, які значно спрощують та прискорюють процеси, а також підвищують безпеку. Однією з таких технологій є дрони або безпілотники, які все частіше використовуються для виконання різних завдань.

БПЛА дозволяють отримати широкий спектр переваг — від забезпечення безпеки на майданчику до здійснення дистанційного моніторингу за ходом будівництва (рис. 1). Використання таких засобів допомагає виявляти відхилення від проєктних рішень, покращувати управління ресурсами та знижувати витрати часу і коштів.



Рисунок 1 – Аеромоніторинг об'єкта в режимі реального часу

Розглянемо більш детально можливості та переваги використання дронів. Оперативність є великою перевагою БПЛА, з якою вони обстежують ділянки та об'єкти на них. Дрони здатні менш, ніж за двадцять хвилин провести топографічну зйомку ділянки площею до 10 гектарів (рис. 2), що раніше займало кілька днів. Завдяки точності 3D-моделювання до 1–2 см, можна отримувати детальні та високоточні цифрові моделі рельєфу та здійснити розрахунки об'ємів земляних робіт, завдяки чому коефіцієнт ефективності значно підвищується. Впровадження дронів знижує витрати на будівництво. Економія досягається завдяки скороченому часу на проведення геодезичних

робіт, зменшенню часу простою техніки та оптимізації витрат на будівельні матеріали.

Можливість здійснювати аерофотозйомку з оглядом на 360° на висоті десятків та сотень метрів, допомагає будівельникам знаходити потенційні ризики на будівельному майданчику та вживати заходів, щоб вони не стали загрозою безпеці працівників. Також немає необхідності ризикувати, щоб оглянути обладнання або ділянки на висоті — апарати надають фото та відеоматеріали високої якості в режимі реального часу з різних ракурсів.

Також сучасні безпілотники оснащуються не лише камерами, але й спеціалізованими приладами, що підвищують їх ефективність в будівельній галузі. Так, наприклад, тепловізори — дозволяють виявляти теплові втрати в будівлях, виявляти дефекти в системах опалення, вентиляції чи електропроводці. Товщиноміри в свою чергу дають змогу визначати товщину різних матеріалів (бетону, металу) безконтактним методом. Ще більшою підмогою є георадари та сканери ґрунту — вони застосовуються для аналізу ґрунтів, виявлення пустот, підземних комунікацій, а також для геологічних досліджень перед початком будівництва.

Виділимо чотири основних пункти, а саме: вартість обладнання, законодавчі обмеження, ризик пошкодження БПЛА та його вразливості. По-перше, вартість обладнання якісного промислового дрону з камерами, LiDAR-сканерами та GPS – досить висока. Наприклад, DJI Matrice 350 RTK Enterprise коштує від 550 тисяч гривень. Також щорічне обслуговування та страхування може складати від 15-20% вартості апарата. По-друге, через обмеження законодавства, польоти над певними зонами можуть бути заборонені або потребувати спеціальних дозволів. Також діють обмеження щодо висоти польотів, що ускладнює огляд об'єкту. Третій пункт пов'язан з ризиком пошкодження дрону. До вразливості БПЛА можна віднести погодні умови, дрони дуже чутливі до вітру, туману та осадків.

Незважаючи на ці обмеження, переваги використання дронів переважають, особливо в умовах сучасного будівництва та модернізації країни. Сфера стрімко розвивається і ми маємо всі передумови, щоб активно впроваджувати ці технології у практику. У перспективі це сприятиме не лише якісній відбудові, а й розвитку високотехнологічного будівництва в Україні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левщанов, С. Застосування безпілотних літальних апаратів у будівельній індустрії. *Технічні науки та технології*. 2024. №2 (36). 297–302.
2. Albeaino, G. Trends, benefits, and barriers of unmanned aerial systems in the construction industry: a survey study in the United States/ G. Albeaino, M. Gheisari // ITcon.–2021.–Vol.26. –Pp.84-111.DOI: <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.006>.

## **РОЛЬ ІНЖЕНЕРНИХ ВИШУКУВАНЬ У ВІДБУДОВІ МІСТ ПІСЛЯ ПОВНОМАСШТАБНОГО ВТОРГНЕННЯ**

Повномасштабне вторгнення в Україну спричинило колосальні руйнування в інфраструктурі українських міст, в тому числі в житловому секторі, промислових зонах, транспортних та енергетичних мережах. Відновлення зруйнованих територій вимагає комплексного підходу, що включає використання інженерних вишукувань як основи для проектування безпечної, стійкої та ефективної інфраструктури. Інженерні вишукування є важливою складовою частиною процесу післявоєнної відбудови, що дозволяє забезпечити надійність, безпеку та економічну ефективність відновлення.

Інженерні вишукування для будівництва є видом науково-технічної діяльності (згідно з Законом України “Про наукову та науково-технічну діяльність”), що забезпечує вивчення природних і техногенних умов територій (ділянок) об’єктів будівництва, розроблення прогнозів взаємодії об’єктів будівництва з навколишнім середовищем, розроблення усіх видів проектів (у тому числі інженерної підготовки територій, захисту територій і об’єктів від небезпечних процесів) [1]. Інженерні вишукування включають ряд науково-технічних заходів, таких як геодезичні, геологічні, гідрологічні, екологічні та інші дослідження, що дозволяють отримати точну інформацію про стан пошкоджених територій та підготувати основи для подальшого проектування та відновлення. Застосування інженерних вишукувань забезпечує ефективне планування відновлення інфраструктури, з урахуванням особливостей ґрунтових умов, техногенних і природних ризиків, що виникли через бойові дії.

Геодезичні вишукування дозволяють створити точні карти пошкоджених територій, оцінити рівень руйнувань будівель та інфраструктури, відновити системи планування міст. Геологічні дослідження сприяють виявленню змін в геологічній структурі під впливом вибухів, руйнувань і техногенних факторів. Це дозволяє визначити надійність ґрунтів для будівництва нових або відновлених об’єктів. Важливим аспектом є оцінка стану підземних комунікацій, таких як водопроводи, каналізаційні та енергетичні мережі, що дозволяє спроектувати ефективні рішення для їх відновлення.

Пошкодження водопровідних, каналізаційних та енергетичних мереж вимагають ретельних інженерних вишукувань для визначення можливості відновлення існуючих систем або проектування нових. Враховуючи масштаби руйнувань, важливим є проведення аналізу водних ресурсів, пошкоджених трубопроводів, гідротехнічних споруд для відновлення надійного водопоста-

чання і водовідведення. Енергетична інфраструктура, особливо у великих містах, потребує попередніх досліджень для проектування і відновлення мереж, здатних забезпечити

Руйнування доріг, мостів, залізничних шляхів та аеропортів потребує комплексного підходу до відновлення транспортної інфраструктури. Геодезичні та інші інженерні вишукування дозволяють виявити пошкодження та розробити ефективні рішення для ремонту та модернізації. Важливим аспектом є вивчення наслідків вибухів і механічних пошкоджень для відновлення критичних інфраструктурних об'єктів, таких як мости, транспортні розв'язки, залізничні колії.

Житлові будинки, навчальні заклади, медичні установи, об'єкти інфраструктури та інші важливі об'єкти вимагають детальних інженерних вишукувань для визначення їхнього технічного стану, можливості відновлення або реконструкції. Для безпечної експлуатації нових і відновлених будівель необхідно використовувати новітні технології для підвищення їх енергоефективності, сейсмостійкості та загальної безпеки. Важливим є також вибір оптимальних матеріалів, що дозволяють скоротити витрати та забезпечити довговічність будівель.

Військові дії спричинили масштабне забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря, що потребує дослідження екології для оцінки рівня забруднень і розробки планів по їх очищенню. Відновлення забруднених земель, водних ресурсів та реабілітація екосистем є критичними для відновлення здорового середовища для проживання населення.

Міжнародний досвід у відбудові міст після військових конфліктів (такі як відновлення Боснії, Іраку, Ізраїлю) надає важливий досвід та практичні поради щодо застосування інженерних вишукувань. Інженерні інновації, включаючи використання 3D-друку будівель, сучасних матеріалів, енергоефективних технологій і методів очищення вод, можуть прискорити процес відбудови та знизити витрати.

Інженерні вишукування є основою для створення стійкої, безпечної та ефективної інфраструктури, що має вирішальне значення для відбудови міст після повномасштабного вторгнення. Ретельні інженерні дослідження дозволяють максимально точно оцінити пошкодження та визначити оптимальні методи відновлення з урахуванням нових технічних і екологічних вимог. Післявоєнна відбудова міст має бути спрямована не лише на відновлення пошкоджених об'єктів, а й на створення стійкої інфраструктури, здатної витримати майбутні виклики і забезпечити сталий розвиток.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. – Київ: Укрархбудінформ, 2008. – 76 с.

УДК 658.513:005.591.1

Valentyna Kuzmenko,<sup>1</sup> Anton Bielich<sup>2</sup>

<sup>1</sup> senior lecturer NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

<sup>2</sup> student of BAD-113 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

## INNOVATIVE APPROACHES TO IMPROVING THE QUALIFICATIONS OF PERSONNEL IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY UNDER DIGITAL TRANSFORMATION CONDITIONS

The construction industry is undergoing a significant stage of digital transformation, which requires personnel to acquire new skills in order to work with modern technologies. Digital transformation is crucial for economic growth, as the construction sector provides employment and is expected to remain one of the most relevant industries in the coming years [1]. Upskilling is essential to increase productivity, reduce costs, and improve safety, but it requires a strategic approach to employee training.

Let's explore the main modern methods of upskilling workers in construction

1. Online courses on platforms such as Coursera, Digital Construction Skills, etc., help workers learn building information modeling (BIM), data analytics, and project management software;

2. Virtual and augmented reality technologies allow for the simulation of construction scenarios for safe hands-on training;

3. Integration of training into daily work, for example, using BIM during project planning, helps develop practical skills in real time;

4. Seminars and webinars by industry associations support continuous learning and provide updates on the latest technologies.

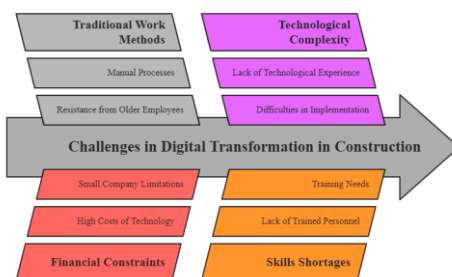


Figure 1 – Overcoming digital transformation challenges in construction

Based on the analysis of current publications [1–3], it is evident that upskilling construction personnel in the context of digital development is a relevant and timely issue.

This trend is associated with improved efficiency and productivity (e.g., daily output per worker), enables better use of available resources through forecasting, and allows for monitoring and analysis of working conditions to identify risks and enhance safety on construction sites [2].

Construction company leaders face several challenges in integrating modern technologies into the construction industry:

1. Traditional work methods hinder the adoption of new technologies, especially among older employees;
2. Significant investments in software, equipment, and training are required, which can be a challenge for small companies;
3. The complexity of new technologies may lead to difficulties, particularly for those with limited technological experience;
4. A lack of workers with the necessary skills requires substantial efforts in training or hiring;

To overcome the challenges of digital transformation in the construction sector, a comprehensive approach is essential. Leaders must actively promote the benefits of new technologies through communication. Companies should invest in training, collaborating with educational institutions, and begin implementation through pilot projects (such as testing BIM on small-scale sites).

Collaboration through industry forums, such as CITB, fosters knowledge exchange, helping staff effectively adapt to new conditions.

Digital transformation brings significant opportunities to the construction industry, but it requires innovative approaches to workforce training. Investments in digital platforms, VR/AR simulations [3], and continuous learning programs will help overcome challenges such as resistance to change and skills shortages. Strategic planning, strong leadership, and collaboration will ensure successful adaptation, unlocking the potential of digitalization to enhance efficiency, safety, and sustainable development.

## REFERENCES

1. Emelianova, Olena & Tytok, Viktoriya & Lavrukhina, Kateryna & Shatrova, Inna & Demydova, Olena (2025). Digital transformation in the construction industry: Analysing the impact of technological changes on construction processes. ESTOA. 14. 257-268. 10.18537/est.v014.n027.a16.
2. Biletskyi, Ihor (2021). Construction industry of ukraine: consequences of the pandemic and prospects for further development. Ukrainian Journal of Applied Economics. 6. 295-302. 10.36887/2415-8453-2021-3-40.
3. Nassereddine, Hala & Hanna, Awad & Veeramani, Dharmaraj & Lotfallah, Wafik (2022). Augmented Reality in the Construction Industry: Use-Cases, Benefits, Obstacles, and Future Trends. Frontiers in Built Environment. 8. 10.3389/fbuil.2022.730094.

## СЕКЦІЯ «ДИЗАЙН»

УДК 7.05

Северін К.В.<sup>1</sup>, Петрик К.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-534м НУ «Запорізька політехніка»

### ФОРМАТИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КНИГ У ВИДАВНИЧІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

У сучасну цифрову епоху сформувалося «екранне покоління» – молодь і діти, для яких технології та інтернет стали невід’ємною частиною життя. Все частіше вибір між друкованою та електронною книгою схиляється на користь останньої. Сучасні пристрої не лише надають доступ до інформації, а й змінюють сприйняття читання, пропонуючи інтерактивний досвід із мультимедіа, анімаціями та елементами взаємодії. Електронні книги мають динамічні можливості: їхній контент можна змінювати, доповнювати, адаптувати під потреби читачів. Інтерактивні видання існують у різних форматах – від додатків, що доповнюють друковані книги, до цифрових продуктів із анімацією, звуковими ефектами та міні-іграми. Видавнича діяльність у цій сфері базується на різних технологіях, що забезпечують інтерактивність, доступність і новий формат літератури.

Електронна книга складається з двох основних компонентів – носія (електронного пристрою) та вмісту, представленого у різних форматах: PDF, EPUB, MOBI, DjVu, CHM тощо. Формат визначає функціональність, зручність та сумісність із пристроями. Наприклад, PDF зберігає початковий вигляд документа, EPUB і MOBI адаптуються до екрана, DjVu оптимізований для сканованих документів, а CHM використовується в довідкових системах. Згідно з ДСТУ 7157:2010 «Інформація та документація. Видання електронні. Основні види та вихідні відомості», пропонується таке тлумачення поняття «інтерактивна книга». «Інтерактивне (недетерміноване) електронне видання — параметри, зміст і спосіб взаємодії з яким визначає сам користувач за алгоритмом, заданим видавцем» («Інформація та документація», 2010). «Інтерактивна книга (англ. Interactive book) — передбачає вихід в альтернативну реальність з можливістю взаємодії з головними героями, реально існуючими за допомогою email, QR-кодів, сайтів тощо» («Інтерактивна книга») [1]. Окрім стандартних електронних книг, існують мультимедійні видання, що поєднують текст, аудіо, відео й анімацію, а також інтерактивні книги з додатками. Завдяки гнучким форматам вони можуть бути як простими текстовими документами, так і складними дизайнерськими виданнями, адаптованими до різних пристроїв і мовних налаштувань, що підвищує доступність і комфорт читання.

Для розробки інтерактивних електронних книг існують різні інструмен-

ти й платформи, що поділяються на онлайн-сервіси, компілятори та програмні редактори. Серед онлайн-сервісів популярними є FlipSnack, який дозволяє створювати та публікувати електронні книги, Yudu, що підтримує імпортування PDF-файлів та документів Microsoft Office, Bookemon – візуальний редактор для створення книг, PressBooks – сервіс на базі WordPress, який дозволяє формувати тексти та елементи книг, а також Creatavist, що інтегрує текст, зображення, слайдшоу, аудіо, відео та інтерактивні елементи. До компіляторів електронних книг належать eBook Maestro, який використовується для створення електронних публікацій, HTML Executable, що конвертує HTML-сторінки у виконувані файли, eBookGold, який створює книги на основі HTML-файлів, eBook Maker, що працює з HTML-документами, які містять зображення, JavaScript, анімацію та аудіо, а також eBook Compiler компанії Natata, що використовується для створення електронних книг, презентацій та довідкових систем. Серед програмних редакторів виділяються SunRav BookEditor, NeoBook, Adobe InDesign, Apple iBooks Author, My Autoplay, які забезпечують розширені можливості верстання та інтеграції мультимедійних елементів. Для публікації та продажу електронних книг використовуються платформи Kindle Direct Publishing, яка дозволяє самостійно видавати книги для Kindle, Blurb – сервіс для створення та продажу електронних і друкованих книг, PayLoadz – платформа електронної комерції для продажу цифрових товарів, а також Ourboox, що дає змогу створювати інтерактивні книги з текстом, зображеннями, відео, іграми, картами та 3D-моделями [2]. Використання цих інструментів дозволяє авторам і видавцям створювати сучасні електронні книги з розширеними можливостями, роблячи їх доступнішими для читачів.

Інтерактивні електронні книги поєднують текст, мультимедіа та інтерактивні функції, змінюючи традиційне уявлення про читання. Використання різних форматів сприяє адаптації до різних платформ і потреб користувачів. Попри відносно невелике поширення інтерактивних книг в Україні, їхній потенціал для розвитку залишається значним, особливо в контексті цифровізації суспільства та зростання попиту на інтегровані мультимедійні продукти.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 7157:2010. Інформація та документація. Видання електронні. Основні види та вихідні відомості: Вид. офіц. – К.: Держстандарт України, 2010. – 7 с. Україна (дата звернення 26.03.2025).

2. Назаркевич М., Сторож О., Ключник І. Особливості розроблення інтерактивних електронних книг // Національний університет «Львівська політехніка», Lviv Polytechnic National University Institutional Repository. С. 332–347. URL: <http://ena.lp.edu.ua> (дата звернення 26.03.2025).

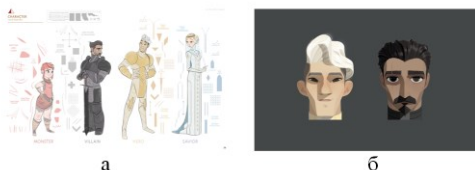
## ВПЛИВ ДИЗАЙНУ ПЕРСОНАЖУ НА СПРИЙНЯТТЯ КОРИСТУВАЧА

Візуальний дизайн персонажа - це потужний інструмент комунікації, який дозволяє передати характер, емоції, роль у сюжеті та навіть внутрішні конфлікти героя ще до того, як він зробить щось. Це особливо важливо в іграх, анімаціях та коміксах, де перше враження формується миттєво.

Гарний приклад візуального дизайну у мультфільм «Nimona». Форма не просто робе персонажів, а розповідає про них. Контраст між двома центральними лицарями: Баллістером Блекхартом і Амброзієм Голденлойном.

Баллістер візуально вирізняється темною палітрою: його обладунок - сірий, з чорними акцентами. Це відразу відділяє його від інших лицарів. Його форми з чіткими геометричними лініями. Важливою деталлю є протез замість руки, який візуально підкреслює минулу травму. Дуже гарно символізує втрату не тільки руки, а й довіри. Його коротке волосся й борода підкріплюють загострені форми. Усе це створює образ персонажа, якого легко помилково прийняти за "антигероя", що і є частиною головного послання фільму: не все зле виглядає злом.

Амброзій - лицар-суперзірка, з яскраво-золотим волоссям, ідеальною поставою, білосніжними обладунками та золотими вставками. Його фігура "ідеальна", а обличчя майже постійно усміхнене. Він втілює класичний образ "героя світла". У його візуальному образі є щось майже рекламне - блискуче, виврене, зовнішньо досконале, усіма улюблене. Але саме ця досконалість, з часом починає викликати підозру: І справді, не все добре робить саме правильні вибори.



а – форми дизайну персонажів; б – приклад контрасту двох персонажів;  
Рисунок 1 – розробка візуального дизайну персонажів «Nimona».

Якщо казати про дизайн персонажів в іграх, то також гарним прикладом буде «Left 4 Dead 2» - кооперативний шутер про виживання у світі зомбі-апокаліпсису. Одним із ключових факторів, є яскравий, функціональний і

впізнаваний візуальний дизайн персонажів. Він виконує не лише естетичну роль, а й критично важливу геймплейну функцію – кожен із них має унікальний силует, кольорову палітру і деталі одягу, які допомагають швидко відрізнити персонажів один від одного, навіть у хаосі битви, ось приклад команди.

Нік – високий чоловік у білому костюмі та розстебнутій сорочці. Його зовнішній вигляд одразу викликає асоціації з гравцем або шахраєм. Він виглядає не на своєму місці в апокаліпсисі, що підкреслює його скептичний і цинічний характер.

Елліс – молодий хлопець у бейсболці, футболці та зав'язаний на поясі комбінезон механіка. Його образ максимально простий і народний. Яскравий колір футболки робить його помітним у темних коридорах гри. Візуально він представляє "звичайного хлопця механіка".

Рошель – жінка в яскравій футболці. Вона активна, рішуча, має журналістське минуле. Її образ більш практичний, але водночас візуально теплий – с першого погляду дає натяк, що вона кріпка та рішуча жінка.

Тренер – кремезний чоловік у спортивному поло. Його масивна фігура і теплі кольори костюма натякають на силу, надійність, але й певну вразливість. Виглядає як справжній “тато-командир”.



а – дизайн персонажів першої гри; б – дизайн персонажів другої гри;  
Рисунок 2 – розробка дизайну персонажів серії ігр «Left 4 Dead»

Візуальний дизайн персонажів відіграє ключову роль у сприйнятті користувачем – через форму, колір та силует дизайн. Це формує перше враження, підсилює сюжет і впливає на емоційне сприйняття користувача.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Демакіна Т. А. Стилізація як засіб створення персонажів у гейм-дизайні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://er.knuid.edu.ua/handle/123456789/18497> (дата звернення: 14.04.2025). – Назва з екрану.

2. Куток [Електронний ресурс]: Нотатка для роздумів: чому важливий силует персонажа – Режим доступу: [https://kutok.io/lilymist/notatka\\_dlya\\_rozdumiv\\_chomu\\_vazhlyvyi\\_syluet\\_personazha-2o2](https://kutok.io/lilymist/notatka_dlya_rozdumiv_chomu_vazhlyvyi_syluet_personazha-2o2) (дата звернення: 14.04.2025). – Назва з екрану.

УДК 111

Северін К.В.<sup>1</sup>, Антипенко Є.Ю.<sup>2</sup>, Кулікова А.О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ст. викладач кафедри дизайну НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. БАД-534м НУ «Запорізька політехніка»

## ВПЛИВ КОЛЬОРУ У ГЕЙМДИЗАЙНІ НА ДОСВІД КОРИСТУВАЧА

Відеоігри – свого роду комплексний напрям мистецтва. Він поєднує у собі музику, режисуру, сценарну майстерність та безпосередньо дизайн. Використовується декілька його видів, але одним з ключових, який на пряму впливає на досвід гравця є геймдизайн. Основна задача геймдизайну — створення ігрового досвіду, який буде цікавим, збалансованим і захопливим для гравця. Це включає розробку механік, рівнів, правил, балансу і взаємодії з користувачем. Одним з таких елементів є колір.

Колір займає в геймдизайні. Їм можуть позначати шлях, важливі або інтерактивні елементи. В залежності від стилістичних особливостей гри цей колір може змінюватися, але частіш за все для цього обирають яскравий колір, грамотно інтегруючи його у гру. За даними різних експериментів червоний виявився найпродуктивнішим кольором, який збуджував та спонукав до дії гравців. Яскравими кольорами можна позначити про небезпеку або звернути увагу, що також активно використовують в геймдизайні.

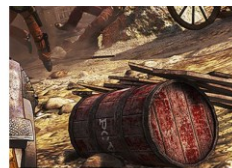
Говорячи про червоне, можна згадати як приклад «Call of Juarez: Gunslinger» від Techland, яка стала третьою в серії «Call of Juarez». Сама гра є стрілянкою від першої особи в жанрі вестерн. Для простішої та комфортної навігації гравця на рівні необхідні помітні помітки. Правильний шлях позначається елементами, пофарбованими в червоний колір. Інтерактивні об'єкти теж складаються з червоних відтінків. Вороги мають на собі яскраві червоні пов'язки та інші елементи гардеробу. Все важливе стає помітним на тлі стилістики наближеної до реалізму, при цьому не вибивається з оточення.



а



б



в

а – позначення шляху завдяки дошкам; б – позначення ворогів; в – виділення інтерактивного об'єкта.

Рисунок 1 – Виділення важливих елементів у грі «Call of Juarez:Gunslinger».

Це не завжди повинен бути яскравий колір. В реалістичних локаціях це можуть бути об'єкти, що виділені тонально, або тільки світлом. Серед таких ігор як приклад можна навести «Uncharted 4: A Thief's End» від Naughty Dog з серії «Uncharted». Розробники ненав'язливо додали тональний поділ для інтерактивних елементів. Наприклад, виступи за які можна чіплятися виділені не тільки за формою, а й за тоном вони є світлішими за оточення. Об'єкти, що можна переміщати позначені тоном яскравішим за об'єкти навколо. Частина стіни, під якою можна пройти, позначається білими полосами вздовж зони, де можна ходити.



а

б

в

а – виділення тоном виступів, за які можна чіплятися; б – рухомий об'єкт, яскравіший за тоном; в – білі полоси на стінах, під якими можна пройти

Рисунок 2 – Виділення важливих елементів у грі «Uncharted 4: A Thief's End»

За відгуками гравців, особливо початківців, можна побачити, що такі позначення дійсно спрощують та роблять приємнішим відеоігровий досвід. Це економить час, спрощує розуміння рівня, знижує ризик помилок при проходженні гри та створює точки фокусу. Всі ці фактори покращують відеоігровий досвід, створюючи приємні враження від самої гри, коли гравцю не потрібно вгадувати, куди йому йти та чого саме від нього хотів розробник.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Блог Моонее [Електронний ресурс]: Теорія кольору - поради щодо розробки ігор. - Режим доступу: <https://www.moonee.io/uk/blog/coler-theory-tips-for-game-development> (дата звернення: 06.04.2025). - Назва з екрану.
2. Блог VOKI Games [Електронний ресурс]: Гейм-палітра: роль кольору в сучасних мобільних іграх. - Режим доступу: <https://vokigames.com/ua/rol-koloru-v-suchasnyh-mobilnyh-igrah/> (дата звернення: 06.04.2025). - Назва з екрану.
3. Блог Новини ФАКТ [Електронний ресурс]: Вплив кольорів на настрої та емоційний стан: як кольори впливають на нас. - Режим доступу: <https://fact-news.com.ua/vpliv-koloriv-na-nastrij-ta-emotsijnij-stan-yak-kolori-vplivayut-na-nas/> (дата звернення: 06.04.2025). - Назва з екрану.

УДК 7.012

Северін К.В.<sup>1</sup>, Антипенко Є.Ю.<sup>2</sup>, Нікітенко О.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. БАД-534м «Запорізька політехніка»

## **ЕМОЦІЙНИЙ ДИЗАЙН, ЯК КОЛЬОРИ ТА ФОРМИ ВПЛИВАЮТЬ НА ПСИХОЛОГІЮ ЛЮДИНИ**

Дизайн супроводжує нас щодня: у міському просторі, в інтер'єрах, на упаковці продуктів, у мобільних додатках та вебсайтах. Його елементи – кольори, форми, текстури – мають значний вплив на емоційний стан людини, її поведінку та рішення. Ми часто не усвідомлюємо цього впливу, але він визначає наші відчуття та сприйняття світу. Саме тому емоційний дизайн є ключовим інструментом візуальної комунікації.

Кольори викликають асоціації та емоції, які можуть бути як універсальними, так і культурно обумовленими. Червоний колір привертає увагу, викликає збудження, асоціюється з енергією та пристрастю. Синій, навпаки, сприяє спокою, викликає довіру і відчуття стабільності. Зелений пов'язаний із природою, гармонією та здоров'ям, а жовтий додає оптимізму, енергії та творчості. Чорний символізує елегантність, таємничість або трагічність, тоді як білий асоціюється з чистотою, простором і мінімалізмом. У психології кольорів важливо враховувати контекст та поєднання відтінків, адже саме вони формують підсвідоме враження про предмет чи простір.

Не менш значну роль у сприйнятті відіграють форми. Круглі елементи викликають відчуття гармонії, м'якості та дружелюбності. Прямокутні форми асоціюються зі стабільністю, структурованістю та логікою, а трикутні – з динамікою, спрямованістю та напруженням. Органічні, асиметричні форми надають відчуття природності та руху, а жорстка геометрія може сприйматися як більш офіційна та строга.

Емоційний дизайн має велике значення у брендингу, рекламі, інтер'єрному та цифровому дизайні. Він використовується для створення комфортних, естетично привабливих рішень, що впливають на користувацький досвід. Дизайнери враховують психологічні аспекти для підсилення потрібного враження: у медичних закладах часто використовують пастельні, заспокоїливі кольори, у спортивних брендах переважають динамічні відтінки червоного, помаранчевого, чорного. Навіть у веб-дизайні правильний вибір кольорів і форм може підвищити конверсію та довіру користувачів до продукту.

Сьогодні емоційний дизайн переживає новий етап розвитку завдяки дослідженням у сфері нейроестетики та поведінкової психології. Він стає більш персоналізованим, адаптивним і технологічним, враховуючи індивідуальні

реакції користувачів. Це відкриває нові можливості для створення середовищ, які не лише виконують функціональні завдання, а й формують позитивні емоційні переживання.

Переосмислення значення кольору та форми у дизайні – це не лише тренд, а необхідність у створенні гармонійних, естетичних і зручних рішень для сучасного світу. Дослідження у цій галузі сприяють покращенню якості життя, роблячи дизайн не просто візуально привабливим, а й емоційно значущим для людини.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Норман Д. Емоційний дизайн: Чому ми любимо (або ненавидимо) речі, якими користуємося. – Київ: ArtHuss, 2020. – 272 с.
2. Голдштейн Е. Психологія кольору: Як кольори впливають на почуття та розум. – Львів: Видавництво Старого Лева, 2019. – 240 с.
3. Лебедева Н. Психологія сприйняття форми та простору. – Харків: Фоліо, 2018. – 320 с.

УДК 7.012:004.89

Северін К.В.<sup>1</sup>, Самофал А.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-534м НУ «Запорізька політехніка»

## **ІНКЛЮЗИВНИЙ ДИЗАЙН ЯК МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНОГО ДОСТУПУ ДО ЦИФРОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ПОСЛУГ**

У сучасному цифровому середовищі інклюзивний дизайн є ключовим фактором для створення продуктів і послуг, які забезпечують рівний доступ для всіх користувачів, включаючи осіб із порушеннями зору, слуху, моторики та когнітивних функцій. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), близько 15% світового населення мають певні форми інвалідності, що обумовлює необхідність створення інклюзивного цифрового середовища. Впровадження інклюзивних рішень не лише відповідає етичним та законодавчим нормам, але й сприяє покращенню користувацького досвіду, розширенню аудиторії та підвищенню конкурентоспроможності цифрових продуктів.

Інклюзивний веб-дизайн передбачає забезпечення доступності веб-ресурсів для всіх користувачів, незалежно від їхніх фізичних, когнітивних або сенсорних особливостей. Попри очевидні переваги такого підходу, дослідження показують, що значна частина сайтів має суттєві недоліки у сфері доступності. Так, під час аналізу головних сторінок 1 мільйона популярних

веб-сайтів було виявлено понад 49 мільйонів помилок, пов'язаних із порушенням принципів інклюзивності.

Інклюзивний дизайн ґрунтується на кількох фундаментальних принципах, які забезпечують комфортну взаємодію користувачів із цифровими інтерфейсами. Дизайн має бути доступним для всіх користувачів незалежно від їхніх фізичних або когнітивних особливостей. Для цього необхідно дотримуватися міжнародних стандартів доступності, таких як Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), що регламентують правильне використання кольору, текстових альтернатив для зображень та структурованої навігації. Адаптивність інтерфейсу дозволяє користувачам обирати найзручніший спосіб взаємодії відповідно до їхніх потреб.

Використання мінімалістичного дизайну, чітких візуальних підказок і логічно організованого контенту сприяє швидшому сприйняттю інформації. Візуальні та текстові елементи повинні бути достатньо контрастними для покращення читабельності. Додатково рекомендується використовувати структуровані заголовки, зрозумілі шрифти та інтервали між рядками, що полегшує читання. Для користувачів із вадами зору важливо забезпечити альтернативні текстові описи для графічних елементів, а для користувачів із порушеннями слуху – субтитри або текстові транскрипції для аудіо- та відеоконтенту. Реалізація зазначених принципів вимагає комплексного підходу із залученням фахівців різних сфер: веб-дизайнерів, розробників, експертів із доступності, контент-менеджерів та спеціалістів із поведінкової аналітики.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), понад 1 мільярд людей у світі мають ті чи інші форми інвалідності, що робить інклюзивний дизайн не лише соціально значущим, а й комерційно вигідним. Окрім бізнес-аспекту, інклюзивний веб-дизайн є важливим з точки зору дотримання нормативних вимог. Наприклад, у США Закон про американців з інвалідністю (ADA) зобов'язує компанії забезпечувати цифрову доступність своїх ресурсів. В Україні аналогічні вимоги регулюються Постановою Кабінету Міністрів України від 21 липня 2023 року №757, яка передбачає відповідність офіційних веб-сайтів стандартам ДСТУ EN 301 549:2022.

Інклюзивний дизайн є важливим аспектом сучасного цифрового середовища, що сприяє створенню комфортних, доступних та ефективних продуктів для всіх категорій користувачів. Дотримання стандартів доступності, використання адаптивних технологій та залучення користувачів із різними потребами до тестування допомагає забезпечити рівні можливості у використанні цифрових платформ. Впровадження його принципів дозволяє не лише відповідати сучасним стандартам та вимогам законодавства, а й зміцнювати взаємодію з користувачами, що позитивно впливає на розвиток бренду.

## СПРИЙНЯТТЯ СУЧАСНОГО МИСТЕЦТВА В ІНДУСТРІАЛЬНОМУ МІСТІ

Запоріжжя – місто, яке є уособленням індустріальної реальності. Відзначається своєю жорсткою прив'язкою до практичних цінностей. Це середовище, де кожен аспект життя спрямований на виробництво, де реальність заповнена металом, бетоном і пилом, що формує ментальність місцевих жителів. В умовах такого технічного міста абстрактне мистецтво, як форма культурного вираження, часто викликає відчуження та нерозуміння. Це явище можна пояснити тим, що для багатьох мешканців Запоріжжя, з його традиційним орієнтуванням на функціональність і виробничу діяльність, мистецтво, яке не має практичного призначення, сприймається як чужорідне і навіть неприязне. Люди сприймають навколишній світ через призму функціональності, де все повинно працювати, де кожен елемент має своє місце і завдання. Тому абстракція, що не підкорюється логіці й утилітаризму, зустрічається з опором і критикою.

Запоріжжя є містом, де індустріальна спадщина значною мірою формує не лише фізичний, але й соціокультурний ландшафт. Історично тут панувала ідея виробничої доцільності, що знайшла своє вираження в архітектурі, урбаністичних формах і навіть у відносинах між людьми. Це місто, де навіть будівлі, що мають історичну цінність, часто були перекриті пластиковими балконами або заліплені фасадами, які мінімізують будь-яку естетичну вартість на користь практичної зручності. Така тенденція відображає загальний підхід до культурних цінностей: якщо щось не служить прямій функції, воно автоматично втрачає свою значущість або є підданим критиці.

З огляду на ці соціокультурні фактори, сприйняття абстрактного мистецтва в Запоріжжі виявляється складним і часто негативним. Місцеві жителі, більшість з яких працює в промисловому секторі, звикли до чітко визначених і зрозумілих образів, до предметів і форм, які мають конкретну функцію. Абстрактне мистецтво, яке передбачає відхід від традиційних уявлень про реальність, сприймається як щось нелогічне, навіть ворожнече до звичних для них концепцій і стандартів. Це мистецтво, яке не можна виміряти, не можна оцінити за допомогою практичних критеріїв, яке не має очевидного соціального застосування, тому воно викликає агресивне заперечення.

Крім того, проблема ще й у тому, що культурна еліта міста, представники художніх кіл та інтелігенції, поступово зникають, ставши, по суті, аутсайдерами в цьому середовищі. Ті ж малочисельні залишки інтелектуального

класу, що ще існують, піддаються постійній критиці і не знаходять підтримки серед широкої публіки. Це підтверджує, що культурні практики, зокрема сучасне мистецтво, стикаються з серйозними бар'єрами у міському соціальному контексті, де креативні творчі проекти часто не знаходять відгуку серед місцевих мешканців. А місцеві культурні ініціативи часто сприймаються через призму недовіри й нерозуміння, що лише підсилює ізоляцію творчих людей і посилює культурний розрив.

Незважаючи на ці труднощі, не можна заперечити, що сучасне мистецтво в Запоріжжі має певний потенціал для розвитку. В останні роки в місті з'явилися нові міські простори, де активно представлено абстрактне і концептуальне мистецтво, зокрема через вуличний арт та художні виставки. Проте навіть у таких випадках, коли абстрактне мистецтво намагається увійти в публічний простір, воно часто викликає відчуження через відсутність загального культурного контексту, в якому воно могло б бути сприйняте та оцінене. Запоріжжя, з його прагматичним, технократичним поглядом на життя, ще не готове до сприйняття того, що виходить за межі очевидного й утилітарного.

Таким чином, сприйняття абстрактного мистецтва у місті є складним і суперечливим процесом, що вимагає зміни культурної парадигми та розвитку нових форм комунікації між митцями та громадою. Розвиток мистецтва в таких містах, як Запоріжжя, неможливий без урахування їхніх специфічних соціокультурних умов, без поступового виховання нової культурної свідомості, здатної оцінити абстракцію не як ворога, а як важливу складову сучасного світу. Саме через таку еволюцію можна сподіватися на зміни в культурному середовищі міста, на відкриття нових шляхів для мистецтва, яке дасть змогу порушити кордони та змінити суспільні уявлення про красу й цінність творчості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чмут, В. (2017). «Індустріальна культура як фактор розвитку сучасного мистецтва». Журнал «Мистецтво і культура» (дата звернення 09 квітня 2025).
2. Морозова, Т. (2018). «Мистецтво в індустріальному ландшафті: досвід Запоріжжя» (дата звернення 09 квітня 2025).
3. Н. І. Проватар, Ю. А. Олішевської, К. В. Мезенцева та К. О. Кравченко, (2021). «Вуличне мистецтво у міському просторі: розміщення та сприйняття у містах України». Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», випуск 55, сторінки 216–231

## **ВІЗУАЛЬНА МОВА СУЧАСНОГО ПОКОЛІННЯ В ДИЗАЙНІ: ЕРА ШВИДКОГО КОНТЕНТУ**

У сучасному світі візуальна культура стала невід’ємною частиною щоденного життя, а її трансформації безпосередньо пов’язані з бурхливим розвитком цифрових технологій та медіапростору. Ми спостерігаємо, як із появою нових платформ для миттєвого обміну контентом, таких як TikTok, Instagram Reels, YouTube Shorts, змінюється не лише спосіб споживання інформації, а й її форма, структура та засоби візуального втілення. Ці процеси активно впливають на мову графічного дизайну, яка змушена адаптуватися до нових умов, швидкості сприйняття та запитів різномірної аудиторії.

Особливо гостро ці зміни відчуваються серед молоді, яка виросла в середовищі постійного потоку інформації, багатозадачності та цифрової взаємодії. Це покоління мислить образами, візуальними асоціаціями та мемами, і сприймає інформацію насамперед через зображення. Їхня увага є надзвичайно розсіяною, фрагментарною, а тому дизайн повинен працювати швидко, чітко і максимально емоційно. Як підкреслює Кислюк К.В. у своєму дослідженні, присвяченому впливу TikTok на культурну репрезентацію, ця платформа стала не лише середовищем для розваг, а й могутнім інструментом формування візуальних кодів і трансляції ідентичності, які миттєво зчитуються глядачами (Кислюк, 2021).

У сучасному інформаційному середовищі візуальна мова стала ключовим інструментом комунікації між поколінням Z і дизайнерською культурою. Цей феномен виник як відповідь на стрімкий темп життя, перевантаження інформацією та звичку сприймати контент миттєво. Замість складної символіки та глибоких наративів – прості візуальні коди, меми, глітч-естетика, яскрава палітра та динамічні анімації.

Головна особливість візуальної мови нового покоління — фрагментарність, коротка форма та мультимедійність. Користувач більше не читає — він сканує візуальні образи, реагує на перші секунди, а дизайнери, у свою чергу, створюють контент, який «чіпляє» за 1–3 секунди. Це вимагає нового підходу до композиції, типографіки, кольору та інтерактивності.

Дизайн для покоління соціальних мереж (TikTok, Instagram, YouTube Shorts) передбачає створення контенту, адаптованого до вертикального формату, з урахуванням поведінкових патернів користувачів: свайп, тап, перегляд без звуку, миттєва реакція.

Також відбувається злиття функцій: дизайнер більше не лише графік – він стає і сценаристом, і маркетологом, і стратегом візуального послання. Зростає роль нейромаркетингу, інтерфейсного мислення та знання цифрової мови емодзі, шрифтів, патернів поведінки.

У дизайні для «ери швидкого контенту» головне – миттєва емоція та ідентифікація. Саме тому дизайнери все частіше звертаються до візуального мінімалізму, bold-шрифтів, грубої графіки, цифрової естетики нульових (Y2K) та ретро-фільтрів, які несуть не лише стиль, а й ностальгічну емоцію.

Таким чином, візуальна мова сучасного покоління – це динамічний, адаптивний інструмент, що постійно змінюється під впливом технологій, соціальних трендів і культури нових медіа. Вона формує нові правила дизайну – швидкі, інтуїтивні, чесні та відкриті для змін.

Водночас особливу роль у цій новій візуальній екосистемі відіграють меми. Їх не слід сприймати виключно як засіб розваги чи жарту – вони є важливим інструментом візуальної комунікації, здатним передавати складні соціокультурні смисли через іронію, гіперболу, метафору та візуальні архетипи. Як зазначає Рязанов А.С., меми стають новою мовою сучасності – символічною, метафоричною, багатшаровою, подібною до живопису у своїй структурі (Рязанов, 2019).

Сьогодні меми вийшли за межі приватного спілкування й активно використовуються в комунікаційних стратегіях брендів, комерційних організацій, медіаплатформ. Наприклад, компанія Duolingo вибудувала цілу маркетингову кампанію довкола свого персонажа – сови, яка в гумористичний спосіб, використовуючи мемні прийоми, мотивує користувачів вивчати іноземні мови. Подібну практику застосовує і Netflix, адаптуючи кадри зі своїх серіалів у форматі мемів під актуальні теми соціальних мереж. Це свідчить про те, що меми перетворились із культурного феномену на потужний інструмент стратегічної візуальної комунікації.

Для дизайнерів ці трансформації ставлять низку викликів і відкривають нові горизонти. Передусім постає питання пошуку балансу між актуальністю та якістю візуального продукту. Дизайн сьогодні – це не просто відображення трендів, а глибока взаємодія з аудиторією на емоційному та когнітивному рівні. Важливо розуміти особливості нових форматів: вертикальні відео, сторітелінг через інтерактивність, адаптація до мобільного перегляду – все це потребує нових навичок, швидкості реакції та креативного мислення.

Крім технічних аспектів, нова візуальна мова вимагає гнучкості в концептуальному підході. Дизайнер має бути відкритим до змін, готовим до експериментів із формами, типографікою, кольоровими схемами, зберігаючи при цьому змістовну глибину та зрозумілість. Як наголошується у збірнику конференції ХНПУ ім. Сковороди, візуальна мова дизайну – це не просто засіб естетичного вираження, а насамперед комунікативна знакова система,

яка має бути значущою, зрозумілою та ефективною для конкретної цільової аудиторії (Соловйова, 2019).

Таким чином, сучасна візуальна комунікація є динамічним, адаптивним і багатограним процесом, у якому дизайнер перетворюється не лише на митця, а й на перекладача соціальних, культурних і технологічних сигналів на доступну й емоційно насичену візуальну мову. Це нове поле діяльності вимагає постійного самонавчання, чутливості до змін, відкритості до нових форм самовираження та здатності гнучко поєднувати естетичне і практичне. Саме в цій взаємодії між технологією, культурою та дизайном народжується нова візуальна мова покоління, яка постійно розвивається та збагачується.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Кислюк К.В. Особливості репрезентації української ідентичності в соціальному медіа «ТікТок». Культура України. 2021. № 73. Завантажити статтю в pdf можна за цим посиланням URL <http://kushsac.in.ua/article/view/240468>
2. Рязанов А.С. Живопис та меми: точки перетину культур. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Соціальні комунікації». 2019. Завантажити статтю в pdf можна за цим посиланням URL <https://periodicals.karazin.ua/sc/article/view/15116>
3. Соловйова Д.Ю. Візуальна мова графічного дизайну як комунікативна знакова система. Час мистецької освіти. ХНПУ імені Г.С. Сковороди, 2019. Ч. 1. С. 41–44. Завантажити статтю в pdf можна за цим посиланням URL <https://dspace.hnpu.edu.ua/items/eea01124-0483-4138-add8-6da86dcc1826>
4. Сбітнева Н., Ганоцька О. Візуальна мова сучасного графічного дизайну України // Актуальні питання гуманітарних наук. 2024. Вип. 80, т. 2. С. 87–90. URL: [https://www.aphn-journal.in.ua/archive/80\\_2024/part\\_2/14.pdf](https://www.aphn-journal.in.ua/archive/80_2024/part_2/14.pdf)

УДК 7.01

Пасічна Т.О.<sup>1</sup>, Доновська Д.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-521 НУ «Запорізька політехніка»

### **ВИКОРИСТАННЯ ГРАФІЧНИХ ПРИЙОМІВ ТА КОЛЬОРУ ДЛЯ ВІЗУАЛЬНОГО РОЗШИРЕННЯ ПРОСТОРУ В ІНТЕР'ЄРІ ГУРТОЖИТКУ №2 НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

У Оптичне розширення простору — ключовий аспект сучасного дизайну інтер'єру, особливо в умовах обмеженої площі. Завдяки правильного ви-

користання кольору, графічних елементів, освітлення та меблювання можна створити відчуття простору, легкості та глибини. Є декілька прийомів, це коли світлі кольори беруться за основу візуального розширення, такі як білий, бежевий, світло-сірий та пастельні тони, візуально віддаляють стіни, створюючи ефект простору та відкритості. Вони відбивають світло, що робить приміщення світлішим і просторішим. Цей прийом особливо ефективний у невеликих кімнатах [1].

Наступний прийом – це використання графіки: ліній та візерунків. Графічні елементи, такі як вертикальні та горизонтальні лінії, можуть змінити сприйняття простору. Вертикальні лінії візуально піднімають стелю, роблячи кімнату вищою, тоді як горизонтальні — розширюють простір по ширині. Геометричні візерунки, розташовані на стінах або підлозі, також сприяють створенню ілюзії більшого простору [2]. Завдяки використанню вертикальних ліній від підлоги до стелі на стінах та горизонтальних ліній на стелі та підлозі, що продовжуються від стін, на рисунках 1 та 2 вдалось візуально розширити у висоту та в ширину вузький та довгий простір коридору.

Найпоширенішим прийомом для візуального розширення простору є застосування дзеркал та глянцевих поверхонь. Розміщення дзеркал на стінах або використання меблів з глянцевиими поверхнями відбиває світло та створює ілюзію глибини. Це особливо корисно в кімнатах з обмеженим природним освітленням [3].

Сучасним засобом для візуальної трансформації простору є мінімалістичний підхід до їх меблювання. Він передбачає використання простих форм та обмеженої кількості предметів інтер'єру. Меблі з відкритими ніжками або прозорими елементами, наприклад, скляні столи, створюють відчуття легкості та простору. Такий підхід дозволяє уникнути перевантаження приміщення та сприяє візуальному розширенню [4]. На рисунках 1, 2 використані прості лавочки, обрамлені з обох країв декоративними перегородками з металу. Завдяки вирізанним у певній послідовності візерункам вони, не дивлячись на свій розмір, здаються легкими та малопомітними, але розсіюють світло та частково приховують лавочку, таким чином створюючи затишний куточок, де можна посидіти.

Освітлення є не маловажним інструмент розширення візуального простору. Правильне освітлення відіграє ключову роль у сприйнятті простору. Рівномірне розподілення світла, використання точкових світильників та максимальне використання природного освітлення допомагають створити відчуття відкритості та простору. Глянцеві поверхні та світлі кольори в поєднанні з освітленням підсилюють цей ефект [5]. На рисунках 1 та 2 декоративна підсвітка підкреслює горизонтальні та вертикальні лінії на стінах та стелі, візуально підкреслюючи розширення простору. Також ця підсвітка окреслює початок та кінець вхідної зони в кімнату певного номеру.

Але базовим прийомом є колір. Його психологічний вплив на емоційний стан людини давно відомий і підтверджений наукою факт. Наприклад, сині та зелені відтінки сприяють розслабленню, тоді як теплі кольори, такі як жовтий або помаранчевий, додають енергії. Як приклад, на рисунках 1 та 2 для кольорового обрамлення кімнат використано саме зелений та зелено-жовтий кольори, щоб простір здавався жвавішим, життєрадісним, додавав енергії та сил. Вибір кольорової гами повинен відповідати функціональному призначенню приміщення та бажаному настрою [6]. На рисунку 1 та 2 наочно видно як змінюється візуальне сприйняття одного і того ж самого простору, з однаковими елементами та кольорами стін і стелі, від зміни кольору підлоги з темно-сірого до світло-сірого. На рисунку 1 загальний простір виглядає світлішим, колір стін стає теплого відтінку, а загальна картина робить інтер'єр більш веселим та життєрадісним. На рисунку 2 трохи інакша картина - колір підлоги темно-сірий і через це відтінок стін здається холодним, загалом коридор виглядає більш похмуро та приземлено. Фарбування стелі в світлі тони або використання однакового кольору для стін і стелі створює ефект безперервності, що також сприяє візуальному розширенню простору [7], [5].



Рисунок 1 – Коридор 3 поверху зі світлою підлогою



Рисунок 2 – Коридор 3 поверху з темною підлогою

Застосування цих прийомів дозволяє ефективно трансформувати простір, роблячи його більш комфортним та функціональним. Врахування кольору, графічних елементів, освітлення та меблювання в комплексі забезпечує досягнення бажаного ефекту візуального розширення інтер'єру.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Дизайнерські прийоми для візуального розширення простору - Режим доступу: <https://vash-master.com.ua/dizajnerski-prijomi-dlya-vizualnogo-rozshirennya-prostoru>
2. Вплив кольору на сприйняття простору-Режим доступу: [https://studopedia.com.ua/1\\_54329\\_vpliv-koloru-na-spriynyattya-prostoru.html](https://studopedia.com.ua/1_54329_vpliv-koloru-na-spriynyattya-prostoru.html)
3. Дизайнерські трюки для візуального збільшення простору в інтер'єрі - Режим доступу: <https://vash-master.com.ua/dizajnerski-tryuki-dlya-vizualnogo-zbilshennya-prostoru-krashij-sposib-stvoriti-vidchuttya-prostoru-v-intereri>
4. Дизайнерські прийоми для візуального розширення простору - Режим доступу: <https://vash-master.com.ua/dizajnerski-prijomi-dlya-vizualnogo-rozshirennya-prostoru>
5. Гра кольором та світлом для візуального збільшення простору - Режим доступу: <https://blog.mehbud.com.ua/uk/ceilings/gra-kolorom-ta-svitlom-dlja-vizualnogo-zbilshennja-prostoru>
6. Колірні рішення у дизайні інтер'єру та їх вплив на атмосферу в приміщенні - Режим доступу: <https://artstroydom.com/blog/cvetovye-resheniya-dizajne-interera>
7. Вплив кольору підлоги на візуальне сприйняття простору - Режим доступу: <https://zavod-parketu.ua/vplyv-koloru-pidlohy-na-vizualne-spryniatia-prostoru>

## СЕКЦІЯ «КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, ХІМІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 620.1-419.8

Мітяєв О.А.<sup>1</sup>, Коваленко М.В.<sup>2</sup>, Медведєв О.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

### СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА СМС-КОМПОЗИТІВ

Хімічний гігант Solvay (головний офіс знаходиться у Бельгії) в даний час є лідером у поставці легких матеріалів для аерокосмічної галузі та постійно розширює потужності з виробництва композиційних матеріалів.

В рамках даної програми, Solvay вводить до строю нову чергу з виробництва смол і запускає удосконалений виробничий комплекс в м. Естринген (Німеччина). На цьому підприємстві компанія Solvay планує випускати унікальні просочувальні смоли (infusion resins), а також смоли для армування композиційних матеріалів. Об'єм інвестицій в проєкт в м. Естринген склав приблизно 50 млн. євро. Також Solvay випускає смоли для просочування (процесу інфузії) в м. Анахейм (Anaheim, штат Каліфорнія, США) та в м. Рєксем (Wrexham, Великобританія).

Постачальник вуглецевого волокна Hexcel Composites готується до прогнозованого зростання попиту на композити з урахуванням прискорення темпів виробництва в рамках реалізації програм, що існують та діють, а також збільшення кількості деталей з композитів у перспективних комерційних авіалайнерах.

Новий виробничо-технологічний центр компанії Hexcel в м. Касабланці (вільна економічна зона Midparc, Марокко) планує виготовлення із сотових матеріалів HexWeb деталей спеціального призначення для підвищення міцності конструкцій та зниження ваги у виробках аерокосмічного призначення: конструкціях планерів літальних апаратів, мотогондолах і лопатях несучого гвинта гелікоптерів.

Hexcel постачає попередньо просочені тканини з вуглецевого волокна для виробництва мотогондол турбогвинтових двигунів для літака A350 XWB і двигуна CFM Leap. Відповідно до програми A350 XWB, постачальники AIRBUS виготовляють 90 % силового набору фюзеляжу та усі стрингери з вуглецевого волокна виробництва Hexcel. Hexcel ставить перед собою мету будівництва до 2030 року вузькофюзеляжного літака у якому доля використання композиційних матеріалів досягне 70...75 % від загальної ваги літака, що перевищить долю композитів у конструкції новітнього авіалайнера A350 (53%). Загальна доля композитних деталей в конструкції A380 на сьогодні становить 23 %.

Компанія General Electric (GE) Aviation зробила велику ставку на СМС-композити, як матеріали з низькою питомою вагою та високою температурною стійкістю. Компанія GE Aviation інвестує більш ніж \$200 млн. у будівництво двох фабрик на площі 100 акрів у м. Ханствіль (штат Алабама, США). Фабрики призначені для масового виробництва матеріалів на основі карбіду кремнію (SiC), які використовують для виготовлення деталей з композитів із керамічною матрицею (CMCS) для реактивних двигунів і наземних газових турбін енергогенерувальних установок.

Дві фабрики GE Aviation, що будуються, задіяні в окремих операціях технологічного процесу – виробництві SiC-керамічних волокон та виготовленні керамічної стрічки із SiC. Фабрика з виготовлення керамічних волокон фінансується дослідницьким центром ВПС США в обсязі \$21,9 млн. Температурна стійкість SiC керамічного волокна сягає 2400 °F.

Використання легковагових теплостійких композитів з керамічною матрицею у гарячій частині реактивних двигунів виробництва GE Aviation є проливом в індустрії реактивного руху. СМС-композити складаються з SiC-керамічних волокон в матриці, властивості яких підвищують шляхом нанесення патентованих покриттів.

Rolls-Royce офіційно відкрила (27.10.2016 р.) новий центр з досліджень високотемпературних композитів в Cypress (на південь від Лос-Анжелесу, США). В центрі вже виготовляють перші дослідні листи СМС-композиту з SiC-матрицею, що зміцнена волокном із карбіду кремнію (SiC/SiC). Даний матеріал складає основу деталей наступного покоління, які будуть демонструватися у складі технологій Rolls-Royce. Rolls-Royce планує використання СМС-композитів у проставках статора турбіни та соплових лопатках. У перспективі планується розширення номенклатури деталей з поступовим ускладненням умов експлуатації.

Протягом багатьох років компанія Israel Aerospace Industries (IAI) забезпечує виконання програм заказів Boeing на постачання складних вузлів літаків Boeing 787 та Boeing 777. IAI має значний досвід у виробництві композиційних матеріалів для широкого спектру авіаційних виробів і технологій:

- удосконалені шаруваті препреги;
- конструкції з монолітним підкріпленням, заповнювачем у вигляді піни (Integrally Stiffened, Foam-core Structures);
- нарізні сотові конструкції (Fulldepth Honeycomb Structures);
- інфузія рідкої смоли (Liquid Resin Infusion (LRI));
- зклеювання металу з металом (Metal-to-metal Bonding).

На сьогодні, єдиним великим виробником керамічного волокна у світі вважається: NGS Advanced Fibers (Японія) – сумісне підприємство Nippon Carbon, General Electric та Safran (Франція).

## ЗАСТОСУВАННЯ СМС-КОМПОЗИТИВ

На сьогодні виробники авіаційних двигунів великої потужності General Electric та Rolls-Royce демонструють історичне зростання об'ємів виробництва на фоні рекордних темпів будівництва широкофюзеляжних авіалайнерів.

Компанії Boeing та General Electric готують до випробувань найбільший у світі турбовентилляторний двигун GE9X для широкофюзеляжного літака Boeing 777X. В цьому двигуні облицьовувальний матеріал камери згоряння та секторів статора I ступені турбіни високого тиску (ТВТ), а також лопатки соплових апаратів I і II ступенів ТВТ виготовлені з композитів з керамічною матрицею. На сьогодні розміщено заказів на більш ніж 700 двигунів GE9X, початок комерційної експлуатації заплановано на 2020 рік. Застосування СМС-композитів у гарячій частині двигуна продиктовано необхідністю знизити витрати палива, покращити співвідношення «потужність-маса» та скоротити експлуатаційні витрати.

На виробничих потужностях General Electric Aviation в м. Ешвіль (штат Північна Кароліна, США) виготовляються бандажні проставки із СМС-композиту для турбіни високого тиску двигуна LEAP. В м. Гринвіль (штат Південна Кароліна, США) виготовляють деталі із СМС-композитів, що призначені для заміни суперсплавів в газових турбінах великої потужності.

Кожен двигун LEAP нараховує 18 бандажних проставок турбіни з СМС-композиту, які відносяться до статорних деталей ТВТ. Авіадвигун LEAP встановлюють на пасажирські літаки Airbus A319neo, A320neo та A321neo. На сьогодні він відрізняється використанням найбільш прогресивних технологій:

- композитні лопатки та корпус вентилятора з вуглецевого волокна з тривимірним плетінням;
- сектори бандажу статора ТВТ із композитів з керамічною матрицею;
- робочі лопатки турбін низького тиску (ТНТ) із алюмініду титану;
- унікальна система попередження попадання в газоповітряний тракт сторонніх предметів;
- малоємнісна камера згоряння NAPS з форсунками для палива, які виготовлені методом адитивного виробництва.

Компанія Rolls-Royce. На сьогодні Rolls-Royce активно проводить випробування з метою демонстрації прогресивних технологій у Великобританії, Німеччині та США. Головна концепція Rolls-Royce, у питанні суттєвого підвищення експлуатаційних характеристик авіадвигунів, полягає у зниженні

витрат палива та маси деталей у порівнянні з металевими деталями. Ставка робиться на широке використання СМС-композитів, що забезпечує:

- зниження витрат палива у авіадвигунах наступного покоління;
- зниження витрат повітря на охолодження у робочих циклах і маси деталей серійних двигунів;
- можливість переходу до двигунів з більш удосконаленим робочим циклом.

У 2013 році у рамках програми Великобританії Environmentalle Friendly (EFE) з успіхом закінчено всі термомеханічні атестаційні випробування ущільнювальних секторів статору турбіни високого тиску із SiC/SiC СМС-композиту.

Особлива увага приділяється легковажній системі низького тиску. У рамках програми Advanced Low Pressure System в 2016 році закінчено випробування вентилятора системи «С-композит + Ti». Випробування з метою оцінювання проводять на двигуні Trent 1000.

В двигуні Advance 3 для забезпечення низького рівня викиду шкідливих речовин при згорянні палива впроваджені ущільнювальні сектори статору ТВТ I ступені із композиту з керамічною матрицею та соплові лопатки I ступені ТВД, що виготовлені за Cast-Bond технологіями.

В рамках програми Joint Strike Fighter (Єдиний Ударний Винищувач) є включення до конструкції головних підшипників гібридного підходу, за яким роликові елементи виготовляють керамічними. Необхідність застосування таких підшипників у перспективних конструкціях двигунів обумовлена вирішенням проблеми опору високим навантаженням, які діють всередині газогенераторів.

Для підвищення температурного ККД деталі вентилятора двигуна Trent 7000 з 2020-х років планується виготовляти з більш коштовних композитів на керамічній основі, що дозволить підвищити робочі температури.

Компанія Pratt & Whitney. Двигуни постійного циклу, що експлуатуються на сьогодні, оптимізовані на досягнення або максимальної потужності, або економії палива.

В рамках програми Adaptive Engine Technology Development (AETD) виконано пуски двигуна F414, у якого ряд деталей виготовлені із СМС-композитів. До них відносяться:

- робочі лопатки II ступені турбіни низького тиску (ТНТ);
- удосконалений теплообмінник;
- статорна частина вентилятора;
- створи та ущільнення з оксид-оксидного композиційного матеріалу з керамічною матрицею.

## **ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРШНЕВИХ СПЛАВІВ НАНОМОДИФІКУВАННЯМ**

У зв'язку зі зростаючим в останні роки випуском малопотужних двигунів внутрішнього згоряння для безпілотних літальних апаратів, човнових моторів, бензопил, газонокосарок, а також у зв'язку з відсутністю в Україні власного виробництва первинного алюмінію загострилася проблема якості поршневих сплавів і, відповідно, надійності і довговічності малопотужних двигунів внутрішнього згоряння.

Метою роботи було вирішення задачі підвищення якості поршневих алюмінієвих сплавів та вивчення комплексного впливу на структуру та механічні властивості сплаву АЛ25 (АК12М2МгН) модифікувального комплексу МК-1 [1, 2] і фулеренової черні, котра на 100% складалася із сажистого вуглецю і мала розміри частинок 40...50 нм.

Результати досліджень засвідчили наступні факти.

1. Додатково підтверджено позитивний вплив модифікувального комплексу МК-1 [1] на рівень механічних властивостей вторинного поршневого сплаву АК12М2МгН (АЛ25) при температурах 20 і 300°C.

2. Встановлено позитивний вплив фулеренової черні в якості наномодифікатора на механічні властивості сплаву АК12М2МгН (АЛ25) при кімнатній (20°C) та робочих (300°C) температурах. Надано аргументоване пояснення цьому явищу.

3. Встановлено факт низького рівня засвоєння фулеренової черні та наявності певних труднощів при її введенні до розплавів, що потребує подальшого вивчення та відпрацювання.

4. Відмічено, що спосіб введення фулеренової черні до розплаву, впливає на рівень механічних властивостей модифікованого сплаву.

5. Результати виконаних досліджень добре узгоджуються з даними робіт [3, 4] та мають практичну цінність та розширюють можливості підвищення якості вторинних силумінів шляхом їх мікро- та наномодифікування.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Пат. 46094 Україна, МПК (2009) СС22С1/00. Модифікувальний комплекс для алюмінієвих сплавів / Лоза К.М., Мітяєв О.А., Волчок І.П.

(Україна); заявник та патентовластик Запорізький нац. техн. ун-т, - №u200905914; заявл. 09.06.2009, опубл. 10.12.2009, Бюл. №23. – 4с.

2. Лоза К.М. Вплив модифікування та термічної обробки на формування структури і властивостей вторинного поршневого сплаву АЛ25: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.01 «Матеріалознавство» / К.М. Лоза. – Запоріжжя, 2012. – 16с.

3. Калініна Н.Є. Структура, властивості та використання конструкційних наноматеріалів /Н.Є. Калініна, Г.М. Никифорчин, О.В. Калінін, В.І. Маруха, В.І. Кирилів. – Львів: Простір – М, 2017. – 304с.

4. D. Kuis, A. Volchko, A. Shegidevich, N. Svidunovich / Research on obtaining of composite materials based on aluminum matrix // Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 51, 4, University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia, Bulgaria. 2016. – P. 427-436.

УДК 621.9:669.295

Кирилаха С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

## **ПІДВИЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ Ti–6Al–4V, ОТРИМАНИХ МЕТОДАМИ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Сучасні адитивні технології (АТ), які базуються на поетапному формуванні матеріалу для створення тривимірних об'єктів, дозволяють значно розширити можливості виробництва, забезпечуючи високу точність, складність геометрії та ефективність використання матеріалів. Актуальність АТ зумовлена їх здатністю забезпечувати ефективне та ресурсозберігаюче виготовлення деталей складної геометрії без потреби у трудомісткій механічній обробці.

Адитивний метод суттєво скорочує кількість операцій (у понад 2 рази), знижує енергоспоживання та підвищує КІМ з 8–10 % до 90 %. На відміну від традиційного виробництва, де метал плавиться лише під час виплавки злитка, в адитивних процесах це відбувається двічі (при отриманні порошку та формуванні деталі), що впливає на її структуру та властивості. Для досягнення високих механічних властивостей титанових сплавів необхідно враховувати такі фактори, як якість гранул, їх розмір, газовміст, потужність лазерного променя, розмір плями і рідкої ванни, швидкість сканування та темп кристалізації. Всі ці аспекти взаємопов'язані та визначають оптимальні характеристики матеріалу, що є ключовим для забезпечення його високоякісних механічних властивостей. [1].

У роботі [2] наведено наступні дані: компанія ARCAM AB, шведський лідер у галузі АТ, отримала зразки сплаву Ti–6Al–4V, які після проведення

гарячого ізостатичного пресування (ГІП) продемонстрували досить хороші механічні властивості (табл. 1).

Таблиця 1 – Механічні властивості сплавів Ti–6Al–4V та Ti–6Al–4V ELI в початковому стані та після ГІП

| Сплав/стан                   | $\sigma_{0.2}$ , МПа | $\sigma_B$ , МПа | $\delta$ , % | $\psi$ , % |
|------------------------------|----------------------|------------------|--------------|------------|
| Ti–6Al–4V/ вихідне           | 879                  | 953              | 14           | 46         |
| Ti–6Al–4V/ після ГІП         | 868                  | 942              | 13           | 44         |
| Ti–6Al–4V ELi / вихідне      | 802                  | 904              | 14           | 47         |
| Ti–6Al–4V ELi HIP /після ГІП | 807                  | 902              | 15           | 47         |

Так, властивості на розрив зразків сплавів Ti–6Al–4V та Ti–6Al–4V ELI в початковому стані та після ГІП повністю відповідають властивостям, вказаним у міжнародних стандартах. При цьому залишається підтвердженою істиною, що ГІП матеріалу, отриманого за допомогою адитивної технології, усуває мікрочастки з порами, що, в першу чергу, відображається на втомних властивостях зразків (рис. 1) [2].

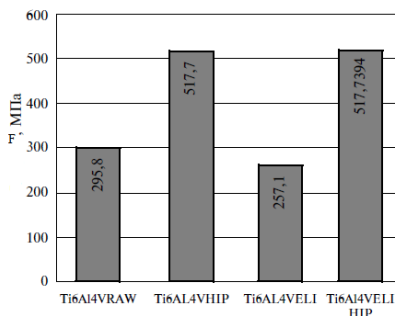


Рисунок 1 – Втомні властивості зразків сплавів Ti–6Al–4V та Ti–6Al–4V ELI в початковому стані та після ГІП (на основі 107 циклів).

Основною характеристикою, що визначає надійність матеріалів, отриманих за порошковими технологіями, є втомні властивості, за високий рівень яких у титанових сплавах, в першу чергу, відповідає структурний фактор. Втомні характеристики матеріалів, виготовлених за допомогою адитивних технологій, надані різними авторами, мають розбіжності. Компанія Honeywell, зокрема, наводить оцінку [3], згідно з якою малоциклічна втома зразків, отриманих за допомогою адитивної технології, є такою ж, як у деформованого матеріалу, і значно перевищує властивості зразків у литому стані. За даними університету RMIT, матеріал, отриманий за допомогою АТ, має

втомні властивості, що займають проміжне положення між деформованим матеріалом та литим, що пройшов ГП [4].

Різниця в результатах вказує на потребу подальших досліджень для оптимізації технологій. Останні результати наближаються до реальності, що дозволяє підвищити властивості та покращити якість структури зразків.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Arshad, M., et al. (2022). Improving Mechanical Properties and Energy Absorption of Additive Manufactured Lattice Structures. *Materials Science and Engineering : A*, 1-10. doi.org/10.1007/s10338-022-00341-4
2. Vega F. Titanium additive manufacturing – a novel game changing technology / Titanium 2014 Conference. Hilton Chicago. USA. September 21–24. 2014.
3. Legzdina D., Adams R., Godfrey D. Additive Manufacturing of Titanium. Alloys at Honeywell Aerospace // ITA Conference. Atlanta. October 10. 2012.
4. Darpan Shidid // Titanium 2014 Conference. Hilton Chicago. USA. September 21–24. 2014.

УДК 620.193: 669.715

Повзло В.М.<sup>1</sup>, Кирилаха С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

### **ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ ТРИВКОСТІ ВТОРИННИХ СИЛУМІНІВ**

Алюмінієві сплави характеризуються сприятливим поєднанням механічних, експлуатаційних і ливарних властивостей, що зумовило їх широке застосування в промисловості та побуті. Інтенсивне використання сплавів призводить до накопичення значної кількості лому та відходів виробництва, які потребують переробки. Рециклінг і отримання з цих матеріалів вторинних сплавів економічно доцільний і актуальний, оскільки дозволяє зменшити у 20 разів енергетичні витрати та на 90...95% кількість шкідливих викидів у навколишнє середовище. Для високолегованих алюмінієвих сплавів корозійна стійкість визначається не тільки ступенем агресивності середовища, але і структурним станом, який залежить від хімічного складу, металургійних і технологічних чинників виробництва. Структура вторинних сплавів із-за значної забрудненості початкової сировини Fe, Ni, Pb, Sn, мастилами, неметалічними матеріалами та іншими домішковими елементами, містить велику кількість комплексних фаз, розчинених газів, які негативно впливають на їх

механічні властивості. Корозійна тривкість вторинних алюмінієвих сплавів, отриманих з різної початкової сировини, вивчена недостатньо.

Досліджували корозійну тривкість вторинного сплаву АК9М2 (9,2 % Si, 2,1 % Cu, 0,92 % Fe, 0,25 % Mn), отриманий в полуменевій відбивній печі типу ЕНУ5000 за технологічними варіантами: I – традиційний, II – експериментальний із використанням рафінуюче-модифікуючого комплексу наступного складу: хлорид натрію, хлорид калію, фторид алюмінію, сірка, карбонат натрію та ультра дисперсний карбід кремнію, що забезпечило зниження поруватості та глобуляризацію інтерметалідних фаз. Методика дослідження корозійного руйнування вторинних силумінів включала наступні етапи. На першому етапі зі сплавів виготовляли мікрошліфи та фотографували місця з характерною структурою, що містила інтерметалідні фази з залізом, евтектичний кремній та  $\alpha$ -твердий розчин кремнію в алюмінії (матриця).

Метою дослідження було з'ясування впливу зазначених фаз на корозійне руйнування вторинного силуміну АК9М2. Для цього поверхню шліфа обробляли 2М розчином NaOH, що забезпечило пришвидшену динаміку корозійних процесів.

На другому етапі, для підтвердження закономірностей мікрокорозійного руйнування, визначили глибинний показник і швидкість корозії. Пришвидшені корозійні випробування сплавів проводили в стандартному розчині 3% NaCl + 0,1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> за температури 25°C. Тривалість випробувань – 720 годин. Зразки для випробувань виготовляли зі злитків і термічно обробляли за режимом Т5 (гартування у воду + штучне старіння). Глибинний показник і швидкість корозії вторинного силуміну визначили за втратою маси зразків. Продукти корозії усували розчином HNO<sub>3</sub>.

Аналіз результатів досліджень показав, що технологія виготовлення сплавів суттєво впливає на їх структуру. Форма фаз, присутніх у сплаві, змінювалася від пластинчастої та голкоподібної (варіант I) до компактної (варіант II). При цьому змінювалися їх розміри і протяжність меж, яка в площині шліфа характеризувалася периметром фаз. Згідно з літературними даними, результатами мікрорентгеноспектрального та рентгеноструктурного аналізів, інтерметалідні фази пластинчастої та голкоподібної морфології відповідають стехіометрії Al<sub>3</sub>FeSi і Al<sub>7</sub>Cu<sub>2</sub>.

Встановлено, що середній периметр фаз для I варіанту складав 22,3 мкм, а для II – 11,9 мкм. Дослідження показали, що фази, які містили залізо та евтектичний кремній, виступали в цих сплавах катодними складовими, тоді як матриця сплаву була анодом. При цьому спостерігалася корозійне руйнування тонких шарів металевої матриці, які контактували з включеннями інтерметалідів або кремнію. Включення некомпактної форми великого периметру, маючи значну протяжність меж контакту, провокували протікання активного процесу корозійного руйнування матриці сплаву – анодної складової. Конце-

нтрація внутрішніх напружень на межі контакту «інтерметалідна фаза – матриця», що зумовлена їх неогерентністю, пришвидшувала корозійне руйнування. Одночасно із зменшенням периметру фаз і протяжності їх меж забезпечувалося зниження концентрації внутрішніх напруг навколо включень, що уповільнювало протікання корозійних процесів.

Спостережено, що корозійні процеси активно протікали в околі інтерметалідних фаз, які містили залізо, на підставі чого зроблено висновок про високий катодний потенціал даних фаз. Частинки евтектичного кремнію також були катодами стосовно матриці сплаву. Локальна корозія спостерігалася вздовж меж «кремній – твердий розчин», але протікала з менш інтенсивно, ніж в околі комплексних інтерметалідних фаз. Підвищення дисперсності крем'янистої фази зменшувало площу ділянок розтравлювання навколо них.

УДК 251

Повзло В.М.<sup>1</sup>, Самарська Л.В.<sup>2</sup>, Мітєєва З.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-213 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. БАД-212 НУ «Запорізька політехніка»

## «ЗЕЛЕНА» ХІМІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНІ-ФАКТОРИ

**Е-фактор** у «зеленій» хімії є відношення сумарної маси усіх відходів до маси цільового продукту. Одна з кількісних оцінок усього процесу або окремих його стадій. Найменше значення його мають процеси нафтопереробки <0.1, «найбруднішими» є фармацевтичні процеси 10 – 1000°. Відомими вченими П. Т. Анастасом, Дж. Уорнером було сформульовано дванадцять принципів із Зеленої хімії, які мають відношення до розробки і удосконалення хімічних технологій Е-фактору: 1. Хімічний продукт має бути біорозкладним; 2. Застосувати переважно каталітичні процеси, до того ж найбільш селективні; 3. Створювати аналітичні методики для постійного моніторингу хімічних процесів у реакторах; 4. Краще попередити утворення відходів, ніж потім їх переробляти; 5. застосувати методи синтезу з використанням найбільш безпечних для людини й довкілля речовин; 6. Застосовувати речовини та форми речовин із мінімальною небезпекою у використанні; 7. Синтезовані речовини мають бути менш токсичними, ніж реагенти; 8. Реагенти та затратні матеріали мають бути відновлюваними; 9. Використовувати якомога менше розчинників і допоміжних речовин; 10. Уникати побічних реакцій та проміжних продуктів; 11. Здійснювати реакції за умов максимально наближених до звичайних; 12. Ураховувати **Е-фактор**, максимально збільшувати вихід продукту реакції.

**Е-фактор** та атомну ефективність використовують для кількісного оцінювання хімічного виробництва. Вихід продукту реакції характеризує ступінь перетворення реагентів на продукти реакції. Але, окрім реагентів, у реакціях також використовують розчинники, каталізатори, допоміжні речовини для виділення потрібного продукту з реакційної суміші тощо. Ці речовини також необхідно одержувати, потім очищувати й утилізувати. А це є причиною потрапляння забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Е-фактор обчислюють як відношення маси всіх побічних продуктів, що фактично є відходами виробництва, до маси цільового продукту:

$$E - \text{фактор} = \frac{\text{Маса всіх побічних продуктів}}{\text{Маса цільового продукту}}, \quad (1)$$

Значення Е-фактора дозволяє оцінити ступінь використання сировини і кількість утворених відходів: чим менше значення Е-фактора, тим менше відходів певного виробництва. Найкращий результат за Е-фактором має нафтопереробна промисловість, її Е-фактор дорівнює 0,1. І це не дивно, оскільки сьогодні нафтову сировину майже повністю переробляють на пальне.

Найгірші показники у процесів синтезу фармпрепаратів, де, залежно від виробництва, Е-фактор може досягати 100. І це також не дивно, оскільки для виробництва ліків часто потрібні дуже чисті речовини, а це вимагає використання великої кількості допоміжних речовин для очищення. Атомну ефективність обчислюють як відношення молярної маси цільового продукту до суми молярних мас усіх інших продуктів у рівнянні реакції:

$$\text{Атомна ефективність} = \frac{\text{Молярна маса цільового продукту}}{\text{Сумарна молярна маса всіх продуктів реакції}}, \quad (2)$$

Сумарна молярна маса всіх продуктів реакції Атомна ефективність характеризує повноту використання хімічних елементів: чим результат ближчий до 100%, тим більш «зеленою» є хімічна реакція. Наприклад, для реакції гідратації етену:



атомна ефективність дорівнює 100 %, оскільки всі атоми реагентів містяться у складі продукту реакції.

Досвід країн ЄС доводить: є низка показників, які корелюють з тривалістю життя та впливають на неї. Серед них — агрегована оцінка екологічної ефективності, розвиток "зеленої" економіки у структурі енергобалансу держави. Аналіз показників емісії CO<sub>2</sub> протягом всього життєвого циклу та їх порівняння з викопними видами палива дає такі показники для різних типів виробництва електроенергії (г CO<sub>2</sub> екв/кВт год): сонячні концентратори — 10, вітер — 12, припливи — 15, гідравлічна енергія — 20, океанічна хвильова — 22, геотермальна — 35, сонячні батареї — 40, біоенергетика — 230, газ — 490, вугілля — 820. Ці дані ставлять на шальки терезів, з одного боку, дещо вищу плату та необхідність початкових інвестицій, а з іншого — екологічно чисту країну, гарантоване поліпшення якості життя, а отже — якісне зростання економіки.

УДК 544.77

Повзло В.М.<sup>1</sup>, Панченко М.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-212 НУ «Запорізька політехніка»

## **ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ НАНОПОКРИТТІВ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ**

Наноіонізована вода новий продукт, що широко використовується в різних країнах, як розчин котрий видаляє мастила та олії з поверхонь і сприяє утворенню пасивувальної плівки на сталевих виробках. Наноіонізовану воду (Nano Super Ion Water – NSIW) отримують електролітичним способом з водопровідної води. При електролізі руйнуються кластери водопровідної води розміром 15-20 молекул H<sub>2</sub>O і відбувається формування нових кластерів симетричної шестигранної форми з шести молекул води при мінімальних енергетичних витратах. В процесі іонізації молекула води розщеплюється на негативно заряджений іон гідроксиду [OH<sup>-</sup>] і позитивно заряджений іон водню [H<sup>+</sup>].

Для приготування наноіонізованої води використовувався розчин калій гідроксиду з концентрацією 0,17%, через який в електролізері пропускали електричний струм протягом 10 хвилин. Потім виміряли водневий показник, котрий дорівнював pH = 12,5 – тобто середовище лужне.

Досліджували вплив наноіонізованої води на корозійну стійкість низьковуглецевих конструкційних сталей, які отримали найбільше використання у промисловості та народному господарстві. Зразки розмірами 50×20×4 мм після попереднього підготування (очищення, зважування, знежирення) занурювали у розчин NSIW на 48 годин при кімнатній температурі. За результа-

тами випробувань визначали ваговий показник швидкості корозії  $K_m$  [ $г/(м^2 \cdot год)$ ] та глибинний показник корозії  $P$  [ $мм/рік$ ].

Корозійну стійкість зразків перевіряли у нейтральному середовищі з кисневою деполаризацією за «Десятибальною шкалою стійкості» з визначенням балу стійкості. У якості еталону використовували зразки з того ж матеріалу без додаткового оброблення. У ході експерименту встановлено, що дослідні зразки показали кращі показники корозійної стійкості у порівнянні з еталонними. Глибинний показник корозії  $P$  дослідних сплавів становив  $0,15$   $мм/рік$ , що відповідало групі «стійкі» та дорівнювало 4 балу за десятибальною шкалою. Еталонні зразки: показник корозії  $P = 0,56$   $мм/рік$ , що відповідало групі «знижено стійкі» та дорівнювало 7 балу. Дослідження засвідчили, що NSIW може бути використана як пасивуючий розчин для підвищення корозійної стійкості сталевих виробів із низьковуглецевих сталей.

NSIW є екологічним очисним засобом з широким спектром застосувань в промисловості та в побуті. Планується подальше вивчення властивостей наноіонізованої води та розширення спектру її застосування.

УДК 678.7

Акімов І.В.<sup>1</sup>, Кравченко А.П.<sup>2</sup>, Неводніч М.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-213м НУ «Запорізька політехніка»

## **ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЯКІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ЛОПАТІ НЕСУЧОГО ГВИНТА**

Лопать несучого гвинта – це досить важлива складальна одиниця в конструкції гвинтокрила за допомогою якої створюється підйомна сила, що безпосередньо керує пересуванням. Останній час такі лопаті виготовляють з композитних матеріалів і в технології їх виготовлення є операція склеювання. Якість склеювання залежить від багатьох факторів, наприклад: якості входних деталей хвостових відсіків, партій клею, кваліфікації робітників. Але найбільш впливовими на цю якість є два фактори, це – температура прогріву лопаті для полімеризації клею  $T_k$  та часу витримки для повноти полімеризаційних процесів  $t$ . При цьому, одним з основних видів браку є «непроклеювання» – площа на лопаті, де матеріали не склеїлися. Даний дефект впливає на якість готового лонжерону та хвостових відсіків. Тому дуже важливо контролювати наявність такого дефекту різними видами руйнівного та неруйнівного контролю [1]. Метою даної роботи було дослідження впливу температури та часу полімеризації клею на величину площини виявлених «непроклеїв» після виконання склеювання хвостових відсіків до лонжерону несучого гвинта. Результати таких досліджень будуть мати практичне значення для

подальшого підбору режимів склеювання для зменшення площин «непроклеїв». Дане дослідження було проведено на базі цеху виготовлення металевих та композитних лопатей АТ «Мотор Січ».

Для виявлення сумісного впливу технологічних факторів було прийняте рішення використати методику планування експерименту другого порядку <sup>22</sup>. При цьому незалежними змінними були обрані: температура прогріву лопаті для полімеризації клею  $T_k$ , тому що вона визначає швидкість та ефективність реакції клею ( $^{\circ}\text{C}$ ), а також час витримки для повноти полімеризаційних процесів  $t$  (хв.), тому як він визначає швидкість твердіння клею та тривалість зберігання своїх властивостей. В якості функції відклику була обрана площа зафіксованих дефектів  $S$  ( $\text{мм}^2$ ). Після оброблення таблиці експериментальних даних, яка містила 9 експериментальних точок, була побудована математична модель процесу впливу досліджуваних факторів на якість склеювання лопаті:

$$S = 93798,731 - 10196,18 \times T_k - 2607,90 \times t + 10,0 \times T_k \times t + 28,62 \times T_k^2 + 6,63 \times t^2, \quad (1)$$

де  $T_k$  – температура прогріву лопаті ( $^{\circ}\text{C}$ );  $t$  – час витримки (хв.).

Порівняння отриманих розрахункових даних за формулою (1) з експериментальними показало надійний кореляційний зв'язок між ними, при цьому коефіцієнт кореляції  $r = 0,98$ . Графічне відображення побудованої математичної моделі (1) наведено на рис. 1.

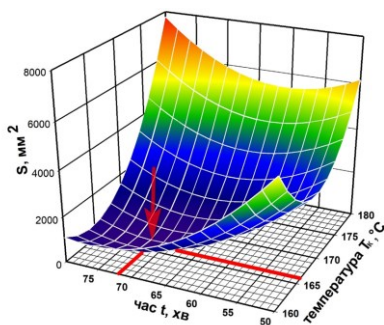


Рисунок 1 – Вплив температури прогріву лопаті для полімеризації клею  $T_k$  та часу витримки для повноти полімеризаційних процесів  $t$  на площину «непроклеювання»  $S$  композитного матеріалу лопаті гвинта.

З рис. 1 видно, що ми маємо справу з криволінійною залежністю другого порядку із присутнім мінімумом. Тож, для виявлення рівнів факторів, при

яких функція  $S$  сягає мінімальних значень проводили дослідження її на екстремумами, в результаті якого виявили, що функція  $S$  (1) відповідає екстремумам в координатах:  $T_k = 166^\circ\text{C}$ ,  $t = 72$  хв. і сягає величини  $S=221,27 \text{ мм}^2$  – це найменше значення на наведеному графіку (рис. 1) величини  $S$ .

Таким чином, результати проведених досліджень показали, що для отримання найбільшої якості виготовлення лопаті несучого гвинта з мінімальною площиною «непроклею» при її виробництві необхідно дотримуватися наступних технологічних параметрів у операції склеювання: температура прогріву лопаті для полімеризації клею  $t = 166^\circ\text{C}$ ; час витримки для повноти полімеризаційних процесів  $T_k = 72$  хвилини.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ EN ISO 9712:2014 Неруйнівний контроль. Кваліфікація та сертифікація персоналу неруйнівного контролю (EN ISO 9712:2012, IDT).

2. Крот О.Ю., Коробко Б.О., Крот О.П., Вірченко В.В. Експериментальні методи досліджень: навчальний посібник. – Полтава: НУП, 2023. – 192 с.; іл.

УДК 539.43

Акімов І.В.<sup>1</sup>, Алексєєнко М.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

### ГРАФІТИЗОВАНІ СПЛАВИ ДЛЯ ТРИБОСИСТЕМ У ГАЛЬМІВНИХ МЕХАНІЗМАХ

Відомо, що графітизовані залізовуглецеві сплави, які містять в структурі графітові включення, характеризуються рядом цінних властивостей: жароміцністю і теплопровідністю [1], досить високими стійкість до втомного руйнування, особливо сталі с кулястим графітом (рис. 1).

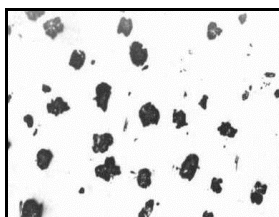


Рисунок 1 – Графітові вкраплення в структурі графітизованої сталі ( $\times 400$ ).

Крім того, відомо, що графітизовані сталі широко використовуються в якості антифрикційного матеріалу. За даними робіт [1] сталі, завдяки вклю-

ченням графіту, який виступає в ролі природного мастила, вони характеризуються низькою схильністю до адгезії, добре оброблюються різанням, теплопровідністю і стабільністю властивостей при термічному циклі. Це дозволяє використовувати їх для штамів холодного кування, волочильних інструментів, обойм підшипників кочення, черв'ячних коліс, деталей склоформуючих машин, роликового інструменту та інших виробів [2]. Проте, графітізовані сталі, як клас конструкційних матеріалів, вивчені недостатньо. У літературі є фрагментарні відомості про їх застосування для конкретних деталей, а також немає чіткого опису їх можливих сфер застосування. Відомі марки сталей, на які існують технічні умови, вимагають тривалого і енергоємного графітізуючого відпалу при виробництві виробів з них. Ці фактори істотно стримують широке застосування графітізованих сталей. В Україні виробництво таких сталей фактично не налагоджено, відсутні технічні вимоги та державні стандарти, які б регламентували їх склад та вимоги до якості.

Аналіз властивостей графітізованих сталей показує, що однією з можливих сфер її застосування є виготовлення гальмівних колодок залізничного призначення. Згідно з даними робіт [3], найбільш часто використовуваними матеріалами для залізничних колодок є сірі фосфорні чавуни і композитно-полімерні матеріали. Характеризується низькою міцністю (зносостійкістю) і зниженням фрикційних властивостей при підвищенні температури, що виділяється при терті ковзання. Композитні накладки позбавлені цих недоліків, але при цьому мають низьку теплопровідність і термостійкість, що призводить як до зниження механічних властивостей взуттєвого матеріалу, так і до сильного термічного впливу на залізничне колесо, що є небажаним фактором. У зв'язку з цим звертається увага на графітізовані сталі, які, згідно з [4] на відміну від чавунів, не втрачають своєї фрикційної здатності при підвищенні температури. Слід зазначити, що визначення фрикційних і температурних залежностей цих матеріалів від їх хімічного складу з метою можливого використання графітізованих сталей в якості матеріалу для залізничних гальмівних колодок до теперішнього часу не описано в літературі. Тож, в роботі була проведена низка випробувань триботехнічного характеру експериментальних зразків графітізованих сталей. Отримані при цьому результати дозволили визначити напрямок впливу їх хімічного складу на прояв сумісності і тертя контакту зі сталлю 40X. Встановлено, що склад графітізованої сталі: 1,54%С; 0,85 Cu%; 1,07%Si; 0,22%Al; 0,41%Mn; 0,13%Ni; 0,15%Cr; 0,022%S; 0,018%P при швидкості ковзання не менше 176 м/хв призводить до кращої сумісності та контакту тертя. При цьому температурна інтенсивність контакту при його розвантаженні нижче, ніж у стандартного чавунного АСК-2. Однак виявлені особливості формування третього тіла в досліджуваних трибоінтерфейсах обумовлюють необхідність додаткових триботехнічних випробувань при високих швидкостях ковзання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акімов, І. В. Підвищення високотемпературної витривалості графітизованих сталей / І.В. Акімов, І. П. Волчок // FIDES. Intern. Forum for the Development of Education and Science Proc. - Norway : Lulu Press Inc., 2010. – P. 61.
2. Разрушение графитизированных сталей при циклических нагрузках / И.В. Акимов, И.П. Волчок, А.А. Митяев и др. // Литье и металлургия. – 2010. – № 4. – С. 58-61.
3. Асташкевич Б.М. Свойства и кинетика формирования вторичных структур на поверхностях трения фрикционных фосфористых чугуновых тормозных железнодорожных колодок // Трение и износ. – 1998. – Т. 19. – № 1. – С. 75-85.
4. Tsujimura Taro, Arai Hiroshi, Fujiwara Naoya. Development of high performance special cast iron brake shoes // Quart. Repts Railway Techn. Res. Inst. – 1990. – № 4. – S. 218-224.

УДК 621.336.22

Плескач В.М.<sup>1</sup>, Нікітюк І.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-212 НУ «Запорізька політехніка»

## ПСЕВДОСПЛАВИ: ВИРОБНИЦТВО І ВИКОРИСТАННЯ

Псевдосплави – одне з найефективніших напрямків порошкової металургії. За рахунок своєї композиційної мікроструктури дозволяють створити високоякісні матеріали, які неможливо отримати як компактні сплави металургійними методами.

Такі матеріали не є справжніми сплавами, для яких характерна наявність у кристалічній решітці різнорідних атомів. У псевдосплавах перемішування компонентів на атомному рівні не відбувається. Складові компоненти не розчиняються один в одному ні в твердому, ні в рідкому стані.

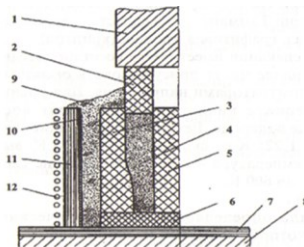
Компоненти, з яких виготовляють псевдосплави, різко відрізняються за своїми фізико-механічними характеристиками, але у той же час мають важливі фізичні, механічні чи технологічні властивості – наприклад, високу стійкість щодо дії інтенсивних теплових потоків, демпфуючу здатність при значимих навантаженнях, самозмашування за умов сухого тертя, високу електроерозійну стійкість та багато інших важливих властивостей.

Типова структура псевдосплаву складається з пористого каркаса та легкоплавкого матеріалу-наповнювача. Каркас виготовляється методами порошкової металургії, як правило, з порошків металів, які мають або високу температуру плавлення, або високі показники міцності, або якісні інші властивості, необхідні саме для даного виробу.

Виробництво виробів зі псевдосплавів починається з виготовлення спекеної або неспекеної пресовки з матеріалу каркасу. Оскільки найчастіше каркас виготовляється з тугоплавких металів (наприклад, вольфраму), то, як правило, його формування здійснюється гарячим пресуванням з попереднім спіканням на спеціальних пресах (рис. 1).

Виготовлення починається із завантажування шихти у матрицю. Завантажування проводиться декількома порціями. Кожну засипану порцію ущільнюють невеликим попереднім тиском. Після завантаження необхідної кількості порошку у зазор між матрицею і сталевим циліндром засипають силікатний або цирконієвий пісок як засіб і теплоізоляції, і запобігання деформування матриці.

При кімнатній температурі створюється невеликий тиск у 1,5...3 МПа і починається поступове нагрівання порошку до температури порядку 1100...1200°C з подальшою витримкою від 30 до 60 хв. Відбувається попереднє спікання.



1 – пуансон преси; 2 – графітовий пуансон прес-форми; 3 – графітова матриця; 4 – виріб; 5 – графітовий стрижень; 6 – графітова підкладка; 7 – теплоізоляція; 8 – станина преси; 9 – теплоізоляційна засипка; 10 – сталевий циліндр; 11 – теплоізоляція циліндра; 12 – індуктор  
Рисунок 1 – Схема гарячого пресування.

Отриманий таким чином виріб піддають остаточному спіканню у присутності рідкої фази – розплавленого легкоплавкого компонента. Процес спікання в рідкій фазі за рахунок більшої швидкості перенесення речовини протікає значно інтенсивніше, ніж у твердій, і триває менший час.

Широке промислове застосування знайшли псевдосплави системи Fe-Cu. Залізо та мідь обмежено взаємно розчинні. Максимальна розчинність міді у твердому залізі при температурі 1200°C становить 8...8,5% (за масою).

У псевдосплавах системи Fe-Mg залізо з магнієм не утворює розчинів чи сполук у твердому та рідкому стані. Псевдосплави отримують просоченням пористих залізних та сталевих каркасів розплавленим магнієм та його сплавами. Рівень міцності псевдосплавів Fe-Mg дещо нижчий, ніж Fe-Cu. Псевдосплави мають низьку корозійну стійкість у 3%-ному розчині NaCl.

Псевдосплави систем W-Cu, W-Ag широко застосовують в електротехніці як електроконтактні матеріали. Взаємодія вольфраму з міддю і сріблом відсутня. Псевдосплави з об'ємною часткою вольфраму до 50% отримують переважно шляхом спікання суміші компонентів у твердій або рідкій фазі, а при високій об'ємній частці вольфраму (понад 50%) - шляхом просочення.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанчук А. М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів: навч. посібник. К.: Центр учбової літератури, 2017. 336 с.
2. Широков В.В., Хлопик О.П. Трибологічні властивості та структурні особливості псевдосплавів системи алюміній-олово. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2010. Т. 46, № 3. С. 80-84.
3. Матвійшин Є.М. Триботехнічні властивості електродугових металізаційних покриттів із псевдосплавів типу Fe-Cu-Al. *Проблеми трибології*. 2013. № 3. С. 50-53.

УДК 620.197.3:[669.71:544.362]

Петруша Ю.Ю.<sup>1</sup>, Антипов І.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-214 НУ «Запорізька політехніка»

### «ЗЕЛЕНІ» ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ АЛЮМІНІУ В ЛУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

У зв'язку з інтенсивним розвитком різних галузей промисловості постає питання постачання споживачам величезного спектру різноманітних видів продукції металургійного комплексу без корозійних ушкоджень. З цією метою застосовуються традиційні види покриттів, які наносять на металеву поверхню. Але для захисту дрібних деталей обладнання, металевих напівфабрикатів використання таких засобів не є економічно виправданим та доцільним. Аналіз наукової літератури свідчить про те, що сьогодні для антикорозійного захисту металевих поверхонь часто використовують інгібітори на основі рослинної сировини. Хімічний склад рослинної сировини дозволяє цілеспрямовано отримувати продукти із заданими властивостями. Тенденція

до використання продуктів природного походження для розробки нових антикорозійних препаратів спостерігається і в Україні, і за кордоном [1].

Алюміній та його сплави є важливими промисловими матеріалами для багатьох галузей промисловості, зокрема, для електротехніки, будівництва, аерокосмічної галузі, виробництва товарів побутового вжитку тощо. Хоча вважається, що алюміній має стійкість до корозії за рахунок формування оксидної плівки на його поверхні, корозія алюмінію в кислому і лужному середовищах є предметом багатьох наукових публікацій та перспективним напрямком досліджень. Вивчаючи літературу, видно, що дослідження інгібувальної дії рослинних екстрактів на корозію алюмінію в лужному середовищі описані значно менше, ніж дослідження корозії в кислому середовищі.

Сьогодні відомі такі результати з пошуку та створення екологічно чистих інгібіторів корозії алюмінію в лужному середовищі. Було досліджено інгібувальні властивості листя хни в розчині NaOH (0...1 моль/л). Максимальна ефективність інгібування була зареєстрована для екстрактів, приготованих з 20г порошку листя на літр. Інгібування корозії становило до 99,8%. Ефективність інгібування знижувалася зі збільшенням концентрації лугу, та зростала зі збільшенням концентрації екстракту. Зниження ефективності можна пояснити реакцією NaOH з деякими сполуками в складі екстракту [2].

Як інгібітор корозії алюмінію в 0,5М та 1М розчинах NaOH було досліджено екстракт стебла бакопи Моньє. Результати показали зниження швидкості корозії зі збільшенням концентрації екстракту, однак ці значення зростали з підвищенням температури. Ефективність інгібування становила 94%. Описано інгібування процесу корозії алюмінію екстрактом плодів перцю довгого, який продемонстрував ефективність до 95%. Обидва екстракти зменшують корозію алюмінію за рахунок механізму адсорбції.

Досліджено антикорозійний вплив в 1М розчині NaOH екстрактів таких рослин: листя мезембріантемуму вузлоквіткового (максимальна ефективність інгібування 95,1%), іпомеї, люпину строкатого, листя пасльону, зизифусу звичайного, клеоми, сенни вушної, куштового інжиру, клену ясенелистого, «верблюжої лапки», деррісу, мімози соромливої, насіння абрусу молитовного тощо [2].

Також зустрічаються дослідження впливу «зелених» інгібіторів корозії алюмінію і за інших концентрацій корозійного середовища. Зокрема, описано антикорозійний ефект листя трідаксу лежачого та екстракту коріандру (ефективність інгібування 99,6%) в 0,5М розчині NaOH, вплив екстракту з листя сапоти в 3М розчині NaOH й екстракту соломи льону у 5М розчині KOH.

Окремі дослідження присвячено вивченню корозії алюмінію в 2М розчині NaOH. За цієї концентрації було проаналізовано вплив екстракту листя філантусу гіркого, амброзії приморської та бавовника звичайного (ефективність інгібування 97%) [2]. Протикорозійні ефекти екстракту джуту довгоплі-

дного, ефірної олії м'яти блошиної та олії рицини звичайної науковці досліджували в 0,1М розчині  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Для впливу всіх вищеперерахованих екстрактів з рослинної сировини було встановлено, що ефективність інгібування зростає зі збільшенням концентрації екстракту та знижується з підвищенням температури [2].

Цікавим є вивчення ефективності водного екстракту гібіскуса рожевого при  $\text{pH} = 12$  за відсутності та присутності іонів  $\text{Zn}^{+2}$ . Композиція, що складалася з 8мл квіткового екстракту та 50 ppm  $\text{Zn}^{+2}$ , мала ефективність 98%. Результати поглиблених досліджень виявили наявність захисної плівки на поверхні металу, що складається з комплексу між основними компонентами екстракту та іонами  $\text{Al}^{+3}$  [2].

Таким чином, аналіз науково-технічної літератури демонструє перспективність та актуальність подальшого пошуку та дослідження «зелених» інгібіторів корозії алюмінію та його сплавів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чигиринець О. Е., Воробйова В. І. Визначення протикорозійної ефективності рослинних екстрактів // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2010. – № 6. – С. 152-156.

2. Bilgiç S. Plant extracts as corrosion inhibitors for aluminum in alkaline and in both acidic and alkaline environments - Review II // Commun. Fac. Sci. Univ. Ank. Ser. B. Chemistry and Chemical Engineering. – 2023. – V. 65, № 1. – p. 1-28.

УДК 620.197.3:631.547

Сохрякова І.М.<sup>1</sup>, Недра Я.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> зав. навч. лаб. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД-214сп НУ «Запорізька політехніка»

## ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ МЕТАЛІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Інгібітор – це речовина, яка при внесенні в корозійне середовище у малих кількостях здатна уповільнити швидкість корозії металу, що піддається впливу навколишнього середовища. Через механізм їхньої дії інгібітори називають ще сповільнювачами.

Значна токсичність і забруднювальний вплив хімічних інгібіторів корозії стимулювали великий інтерес до рослинних інгібіторів корозії, які є безпечними і не мають негативних наслідків на навколишнє середовище [1]. До

них відносять: рослинні екстракти, ліки, вуглеводи, амінокислоти, біополімери, біоповверхнево-активні речовини, натуральні гуми, олії.

Одними з найпоширеніших фітохімічних речовин з ефектом інгібування корозії є флавоноїди, алкалоїди, глікозиди та дубильні речовини. Сполуки компонентів рослинних екстрактів багаті полярними функціональними групами, які можуть адсорбуватись на поверхні металу, утворюючи при цьому захисну плівку.

На ефективність інгібування корозії рослинними екстрактами впливає ряд факторів, таких як концентрація, склад, час впливу та температура. Збільшення концентрації до оптимального рівня призводить до зниження швидкості корозії. При підвищенні температури ефективність захисної дії рослинного екстракту зменшується.

Через низку дослідів за останні десятиліття встановлено, що 90% рослинних екстрактів мають ефективність захисту чорних металів у корозійних середовищах. Доступність рослин у кожній місцевості є визначальним фактором у виборі економічно життєздатного зеленого інгібітора корозії.

В ході нашого дослідження було виявлено позитивний вплив водних екстрактів з широко розповсюджених у Запорізькому регіоні рослин: кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale*), соняшника звичайного (*Helianthus annuus*) та карантинного бур'яну амброзії полинолисткої (*Ambrosia artemisiifolia*) на сталь Ст1пс у сірчанокислотному середовищі. Ступінь інгібіторного захисту коливався в межах 90...93% (див. рис. 1). Найбільший ефект мали екстракти з суміші амброзії та кульбаби (2:1).

На жаль, такого позитивного впливу як у сірчанокислотному середовищі, досліджувані екстракти з рослинної сировини у розчині натрій хлориду не мали. Екстракти з соняшника та амброзії виявили низький ступінь захисту в межах 18...27%. Такі потенційні інгібітори, як амброзія та кульбаба не проявили захисної дії і виступили в ролі активаторів (рис. 1).

Досліджувані екстракти з рослинної сировини у сірчанокислотному середовищі мали коефіцієнт гальмування в межах 9,56...15,12, а у натрій хлориді в межах 0,7...1,38. У порівнянні з екстрактами рослин з високим вмістом дубильних речовин (наприклад, екстракт дубу і чорниці 1:1), коефіцієнт гальмування яких у 3%-му розчині NaCl становив 48,2 – у проведеному дослідженні з екстрактами кульбаби, соняшника та амброзії полинолисткої, низькими на вміст дубильних речовин, він є дуже незначним [2].

Таким чином, дослідженнями встановлено, що біорозкладні і нетоксичні рослинні екстракти є відмінною альтернативою традиційним шкідливим і дорогим інгібіторам корозії. Окрім цього, рослинні екстракти, маючи природне походження, доступні у великій кількості.



Рисунок 1 – Ступінь інгібіторного захисту для сталі Ст1пс у 10%-му розчині  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та 3%-му розчині  $\text{NaCl}$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дорошенко Т.Ф. Перспективність створення ефективних інгібіторів корозії на основі рослинної сировини. / Т.Ф. Дорошенко, Ю.Г. Скрипник, О.О. Горбань // Фізикоорганічна хімія, фармакологія та фармацевтична технологія біологічно активних речовин: збірник наукових праць. - Київ: КНУТД, 2021. - Вип. 3. - С. 45-57.
2. Пушкарьова Є.Р. Дослідження протикорозійних властивостей рослинних екстрактів / Є.Р. Пушкарьова – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023. – 52 с.

УДК 621.791.35

Петрашов О.С.<sup>1</sup>, Петрашова О.В.<sup>2</sup>, Фісай Ю.О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАДз-212 НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. БАДз-212 НУ «Запорізька політехніка»

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ АЛЮМІНІЮ

Поверхня алюмінію та його сплавів, через легку окислюваність, вкрита міцною оксидною плівкою  $Al_2O_3$ , яка має високу температуру плавлення 2050 °С, що ускладнює процес паяння. Додаткова складність полягає в тому, що місця паяння схильні до корозії. Паяння можна полегшити, якщо гальванічним способом заздалегідь осадити на алюмінії мідь або нікель. Місця паяння протрують сірчаною кислотою, розчином їдкого натру, з подальшим промиванням у воді, після чого піддають нікелюванню або мідненню в гальванічній ванні. Поверхні, вкриті плівкою нікелю або міді, паяються звичайними м'якими припоями [1].

Також для з'єднання у якості припою іноді застосовують порошкоподібний хлористий цинк. На зачищену для паяння поверхню насипають порошок сухого хлористого цинку та підігрівають. Хлористий цинк плавиться з виділенням їдкого диму. В результаті обмінної реакції алюміній з'єднується з хлором і випаровується, а розплавлений цинк сплавляється з алюмінієм, проникаючи в поверхневий шар. Таким чином, поверхня облуджується цинком, і деталі з'єднуються сплавом цинку з алюмінієм [1]. Однак ці методи складні, трудомісткі і досить дорогі.

Зазвичай просто зачищають крайки перед паянням і застосовують спеціальні припої для паяння алюмінієвого прокату – найчастіше технічний чистий цинк. При паянні він має міцність паяного з'єднання близько 60...85 МПа, однак такі з'єднання швидко кородують.

В даній роботі досліджували міцність паяних з'єднань з застосуванням низькотемпературних припоїв на основі олова і алюмінію (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Хімічний склад та температура плавлення припоїв

| № п/п | Вміст хімічного елемента, % |         |       |         |       |         | Температура плавлення, °С |
|-------|-----------------------------|---------|-------|---------|-------|---------|---------------------------|
|       | Sn                          | Zn      | Cd    | Al      | Si    | Cu      |                           |
| 1     | 40                          | 25      | 20    | 15      | -     | -       | 350                       |
| 2     | 63                          | 36      | -     | 1       | -     | -       | 375                       |
| 3     | 45                          | 50      | -     | 5       | -     | -       | 400                       |
| 4     | 69...78                     | 20...25 | 2...6 | -       | -     | -       | 430                       |
| 5     | -                           | -       | -     | 65...70 | 5...6 | 25...29 | 525                       |

При підготовці до паяння алюмінієвих зразків вказаними припоями, поверхню піддавали хімічному методу видалення оксидної плівки. Зразки знежирювали в бензині або гарячому 10 % розчині каустичної соди і протравлювали в 25 % розчині соляної кислоти. У якості флюсу застосовували суміш з 10 % фтористого натрію, 8 % хлористого цинку, 32 % хлористого літію і 50 % хлористого калію. Місце пайки і прутки припою підігрівали до температури 300 ... 40 °С. Припій занурювали в порошкоподібний флюс, а місце паяння додатково підігрівали до температури дещо більшої за температуру плавлення припою. Після остигання зразків, їх випробовували на міцність методом розтягування.

Згідно таблиці 1 перший і другий припої мали грантцю міцності не нижче 100 МПа. Припій № 3 відрізнявся особливою в'язкістю і значним відносним подовженням; його границя міцності становила близько 80 МПа. Припій № 4 схильний до крихкості, але дає міцність 200 МПа. При цьому необхідно зауважити, що міцність паяного з'єднання зростає з підвищенням температури плавлення припою.

Найбільшу міцність мав п'ятий припій до 230 МПа. Однак в даному випадку для досягнення гарного результату необхідне додаткове підігрівання, так як температура плавлення наближається до температури плавлення алюмінію, що потребує додаткових затрат.

Таким чином, провівши порівняльний аналіз застосування низькотемпературних припоїв, можна зробити висновок, що рівень міцносних властивостей з'єднань не поступається рівню звичайних цинкових припоїв, а в деяких випадках навіть перевищує їх.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Паяння металів: підручник/ Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький, В.Ф. Квасницький, В.В. Чигарьов; за загальною редакцією В.Ф. Хорунова і В.Ф. Квасницького, – Миколаїв : НУК, 2015. – 340 с.
2. Міцність зварних та спаяних з'єднань: підручник / В.В. Квасницький, Г.В. Єгоров, Г.В. Єрмолаєв, М.В. Матвієнко за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Л.М. Лобанова. - Миколаїв: НУК, 2019. - 294 с.

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВОК НАПОВНЕНИХ ПОХІДНИМ [1,2,4]ТРИАЗИНО[2,3-*c*]ХІНАЗОЛІНУ З АНТИБАКТЕРІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ.

Актуальність проблеми. Інфікування ран залишається однією з найбільш актуальних проблем сучасної медицини, що серед іншого пов'язано з появою штамів мікроорганізмів нечутливих до загальнозживаних антибіотиків. Особливої гостроти проблема запобігання інфікуванню ран набуває в умовах військового часу оскільки у бойових умовах не завжди можна вчасно обробити відповідним чином уражену ділянку тіла. Одним з перспективних напрямків вирішення проблеми запобігання інфікуванню ураженої поверхні є використання перев'язувальних матеріалів на основі полімерних плівок наповнених високоефективними синтетичними антибактеріальними агентами, до яких відносяться сірковмісні похідні [1,2,4]триазино[2,3-*c*]хіназоліну для яких описано виражену ріст-інгібуючу активність по відношенню до *Staphylococcus aureus* [1].

Мета досліджень. Метою представленого дослідження є обґрунтування технології виготовлення полімерних плівок на основі полівінілового спирту та хітозану, що наповнені 6-(етилтіо)-3-метил-2*H*-[1,2,4]триазино[2,3-*c*]хіназолін-2-оном для можливого використання в медичній практиці.

Виклад основного матеріалу. 6-(Етилтіо)-3-метил-2*H*-[1,2,4]триазино[2,3-*c*]хіназолін-2-он (**1**) (Рис. 1) являє собою оригінальну гетероциклічну сполуку для якої була описана виражена антимікробна дія по відношенню до *Staphylococcus aureus* (MIC=6.25 мкг/мл) [1]. В якості полімерної основи плівок обрані полівініловий спирт та хітозан [2].

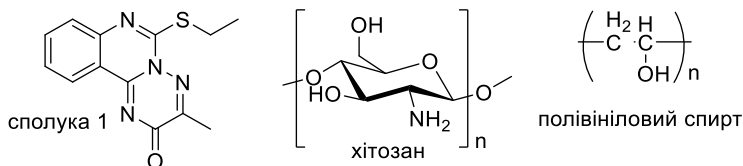


Рисунок 1 – Компоненти наповнених полімерних плівок з антибактеріальними властивостями.

Запропонована технологія одержання полімерної плівки включає наступні етапи: приготування водного розчину полівінілового спирту, приготуван-

ня розчинів хітозану та активної сполуки 1 в оцтовій кислоті, змішування розчинів, розливання на скляні ємності та висушування, що є модифікацією раніше описаного підходу [2].

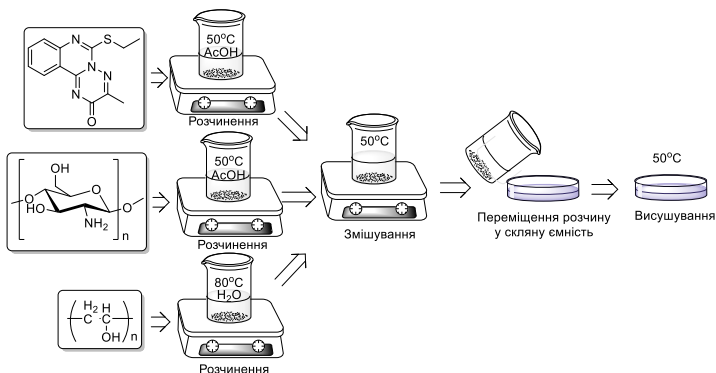


Рисунок 2 – Метод виготовлення наповнених полімерних плівок.

Розчин полівінілового спирту з концентрацією 5% готується при температурі 80°C, розчин хітозану (2.5%) та сполуки 1 (2%) готуються при температурі 50°C, змішування одержаних розчинів проводять при 50°C в умовах інтенсивного перемішування у об'ємному співвідношенні 1:2:0.1 (розчини полівінілового спирту, хітозану та сполуки 1 відповідно).

**Висновки.** Запропоновано технологію одержання полімерних плівок наповнених синтетичним антибактеріальним препаратом - 6-(етилтіо)-3-метил-2H-[1,2,4]триазино[2,3-с]хіназолін-2-оном, що можуть стати основою сучасних перев'язувальних матеріалів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Voskoboynik O.Y. Synthesis, physicochemical and biological properties of 6-S- And 6-N-substituted 3-R-2H-[1,2,4]triazino[2,3-c]quinazolin-2-ones. *Pytannia khimii ta khimichnoi tekhnolohii*. 2015. 4. 9 – 16.
2. Samprasit W., Chamsai B., Settharaksa S., Opanasopit P. Synergistic antibacterial activity of alpha mangostin and resveratrol loaded polymer-based films against bacteria infected wound. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 2020. 57. 101629. doi:10.1016/j.jddst.2020.101629

## ВІДНОВЛЕННЯ ВИРОБІВ МЕТОДОМ НАПЛАВЛЕННЯ

У сучасному промисловому світі питання подовження терміну служби обладнання та зменшення витрат на придбання нових деталей набуває особливої актуальності. Одним з ефективних способів вирішення цієї проблеми є відновлення зношених або пошкоджених виробів методом наплавлення. Цей процес дозволяє не лише повернути деталь до працездатного стану, але й часто покращити її експлуатаційні характеристики завдяки використанню спеціальних зносостійких матеріалів. Протягом останнього десятиліття технологія наплавлення зазнала значного розвитку, що призвело до появи нових методів, розширення спектру застосовуваних матеріалів та підвищення якості відновлених виробів.

Серед найбільш поширених та прогресивних методів можна виділити:

**Газопорошкове наплавлення (ГПН):** Цей метод характеризується високою точністю нанесення матеріалу та можливістю формування складних геометричних поверхонь. Застосування сучасних систем керування дозволяє контролювати процес наплавлення з високою точністю, мінімізуючи припуски на подальшу механічну обробку. ГПН знаходить широке застосування при відновленні деталей складної форми, таких як лопатки турбін, штампи та прес-форми.

**Плазмове наплавлення (ПН):** Забезпечує високу якість з'єднання завдяки високій температурі та енергії плазмової дуги. ПН дозволяє використовувати широкий спектр порошкових матеріалів, включаючи високолеговані сталі, нікелеві та кобальтові сплави, що забезпечує високу зносостійкість та корозійну стійкість відновлених деталей. Метод ефективний для відновлення валів, плунжерів, деталей гідравлічних систем (рис. 1а).

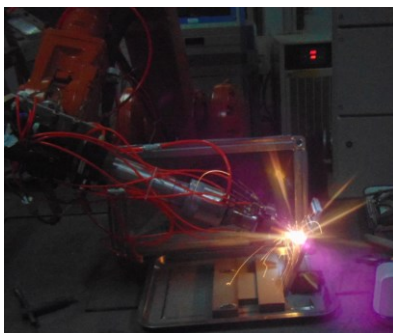
**Дугове наплавлення порошковим дротом (ПДН):** Відрізняється високою продуктивністю та економічністю. Застосування порошкових дротів спеціального складу дозволяє отримувати наплавлені шари з заданими властивостями. Сучасні розробки в галузі ПДН спрямовані на підвищення стабільності процесу та покращення якості наплавленого металу. Метод широко використовується для відновлення зношених поверхонь великогабаритних деталей, таких як котки прокатних станів, зубчасті колеса.

**Лазерне наплавлення (ЛН):** Є одним з найбільш передових методів, що забезпечує високу точність, мінімальну зону термічного впливу та можливість нанесення тонких шарів складних сплавів. ЛН активно розвивається в напрямку збільшення продуктивності та зниження собівартості процесу. За-

стосовується для відновлення прецизійних деталей, медичних інструментів, а також для створення захисних покриттів на поверхнях, що піддаються інтенсивному зношуванню (рис. 1б).



а



б

а – плазмено-порошкове наплавлення; б – лазерне газопорошкове наплавлення.

Рисунок 1 – Приклади методів відновлення.

Розробляються нові сплави та композиційні матеріали з покращеними експлуатаційними характеристиками, такими як:

- *зносостійкі сплави на основі заліза, нікелю та кобальту.* Ці сплави, леговані хромом, молібденом, вольфрамом, ванадієм та іншими елементами, забезпечують високу твердість, стійкість до абразивного зношування, ударних навантажень та високих температур.

- *карбідомісткі композиційні матеріали.* Матеріали, що містять тверді частинки карбідів вольфраму, хрому, титану в металевій матриці, забезпечують надзвичайно високу зносостійкість в умовах інтенсивного абразивного зношування.

- *керамічні та металокерамічні матеріали.* Застосовуються для створення захисних покриттів з високою твердістю, термостійкістю та корозійною стійкістю.

- *функціонально-градієнтні матеріали.* Матеріали, склад яких поступово змінюється за товщиною, що дозволяє поєднувати різні властивості в одній деталі, наприклад, високу зносостійкість поверхні та високу міцність основи.

Активно ведуться дослідження в галузі розробки самофлюсуючих порошкових матеріалів, які спрощують процес наплавлення та покращують якість з'єднання. Також зростає інтерес до використання наноструктурованих матеріалів для наплавлення, що відкриває нові можливості для підвищення експлуатаційних характеристик відновлених виробів.

Застосування методів наплавлення для відновлення виробів охоплює широкий спектр галузей промисловості: енергетика (відновлення лопаток турбін, клапанів, деталей котлів, що працюють в умовах високих температур та агресивних середовищ); металургія (відновлення валків прокатних станів, зубчастих коліс, штампів, прес-форм, що піддаються інтенсивному механічному та термічному зношуванню); машинобудування (відновлення валів, осей, підшипникових поверхонь, деталей гідравлічних систем, інструменту); гірничодобувна промисловість (відновлення ковшів екскаваторів, бурового інструменту, деталей дробильно-розмельного обладнання, що працюють в умовах абразивного зношування); сільське господарство (відновлення деталей ґрунтообробної техніки, елементів комбайнів та іншого обладнання, що зазнає зносу від контакту з ґрунтом).

Подальший розвиток технологій наплавлення спрямований на автоматизацію процесів, розширення спектру застосовуваних матеріалів та підвищення якості відновлених виробів, що робить цей метод все більш привабливим для різних галузей промисловості.

УДК 621.7.07

Савченко В.О.<sup>1</sup>, Кононенко О.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. БАД -214м НУ «Запорізька політехніка»

## **ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ 3-Д ДРУКУ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ**

Аддитивні технології, зокрема 3-Д друк полімерів методом пошарового наплавлення (Fused Deposition Modeling, FDM) та його численні варіації, зробили революцію у багатьох галузях промисловості, від прототипування до серійного виробництва функціональних деталей. Простота використання, відносна доступність обладнання та широкий спектр доступних полімерних матеріалів зумовили стрімке зростання популярності 3-Д друку. Однак, на відміну від традиційних методів обробки матеріалів, механічні властивості 3-Д друкованих полімерних виробів значною мірою залежать від численних параметрів процесу друку. Розуміння цих взаємозв'язків є критично важливим для забезпечення передбачуваної та надійної роботи 3-Д друкованих деталей у різних застосуваннях. Ця доповідь детально розгляне ключові параметри 3-Д друку та їхній вплив на основні механічні властивості полімерів, такі як міцність на розрив, міцність на вигин, ударна в'язкість, твердість та модуль пружності.

Основні параметри 3-Д друку, що впливають на механічні властивості:

1. Температура сопла є одним з найважливіших параметрів, що визначає якість міжшарової адгезії. Занадто низька температура призводить до недо-

статнього розплавлення полімеру, що ускладнює його з'єднання з попереднім шаром, утворюючи слабкі межі та пористість. Це безпосередньо знижує міцність на розрив та вигин, оскільки навантаження не може ефективно передаватися між шарами. З іншого боку, надмірно висока температура може спричинити термічну деградацію полімеру, змінюючи його хімічну структуру та погіршуючи механічні властивості, а також призводити до надмірної плинності та втрати геометричної точності. Оптимальна температура екструзії залежить від конкретного типу полімеру, його швидкості плавлення та теплопровідності, а також від швидкості друку.

2. Температура платформи відіграє ключову роль у забезпеченні адгезії першого шару та мінімізації термічних деформацій, таких як короблення (warping). Недостатня температура може призвести до відшарування деталі від платформи під час друку через різницю температур та усадку матеріалу. Це непрямо впливає на механічні властивості, оскільки невдалий друк не дозволяє отримати функціональну деталь. Занадто висока температура може призвести до надмірної адгезії, ускладнюючи зняття деталі, а також може впливати на процес кристалізації деяких полімерів, змінюючи їхню твердість та крихкість.

3. Швидкість, з якою друкуюча головка переміщується, впливає на час контакту між екструдованим матеріалом та попереднім шаром. За високих швидкостей час для належної міжшарової дифузії молекулярних ланцюгів є недостатнім, що призводить до слабкої адгезії та зниження міцності, особливо у напрямку, перпендикулярному до шарів (напрямок Z). Крім того, висока швидкість може призвести до нерівномірного екструдування та утворення дефектів. Низька швидкість, хоча й може покращити міжшарову адгезію, значно збільшує час друку та може призвести до перегріву попередніх шарів, що також може негативно вплинути на механічні властивості.

4. Висота кожного окремого шару безпосередньо впливає на якість поверхні та механічну анізотропію друкованих деталей. Менша висота шару забезпечує більш гладку поверхню та потенційно кращу міжшарову адгезію за рахунок більшої площі контакту між шарами. Однак, це також збільшує час друку. Більша висота шару може призвести до помітних ліній нашарування та гіршої міжшарової адгезії, що знижує міцність у напрямку Z. Оптимальна висота шару є компромісом між якістю поверхні, часом друку та необхідними механічними властивостями.

5. Внутрішня структура 3-Д друкованих деталей, що визначається щільністю та візерунком заповнення, має значний вплив на їхню вагу та механічні властивості, особливо на жорсткість та міцність на стиск. Вища щільність заповнення призводить до більшої кількості матеріалу всередині деталі, що збільшує її міцність, жорсткість та вагу. Візерунок заповнення також відіграє важливу роль. Різні візерунки (наприклад, сітка, трикутник, стільники) забез-

печують різну стійкість до навантажень у різних напрямках, впливаючи на анізотропію механічних властивостей.

6. Орієнтація деталі на друкарській платформі визначає напрямок укладання шарів відносно прикладеного зовнішнього навантаження. Механічні властивості 3-Д друківаних полімерів часто є анізотропними, тобто залежать від напрямку вимірювання. Міцність на розрив та вигин, як правило, є найнижчою у напрямку, перпендикулярному до шарів (напрямок Z), оскільки руйнування часто відбувається вздовж слабких міжшарових меж. Оптимальна орієнтація друку повинна враховувати очікувані напрямки навантаження на деталь під час її експлуатації для максимізації її міцності та довговічності.

7. Контроль швидкості охолодження кожного екструдованого шару є важливим для мінімізації деформацій, покращення якості поверхні та впливу на кристалізацію полімеру. Занадто швидке охолодження може призвести до внутрішніх напружень та зниження міжшарової адгезії, особливо для полімерів з високою усадкою. Занадто повільне охолодження може призвести до втрати форми та погіршення деталізації. Оптимальний режим охолодження залежить від типу полімеру та його теплофізичних властивостей.

Тому дослідження впливу цих параметрів на властивості готового виробу є актуальною задачею для матеріалознавства.

УДК 621.791

Савченко В.О.<sup>1</sup>, Кучер А.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПРИПОЇВ НА ГАЛУЗЬ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ**

Зміна компонентів, з яких складаються припої, кардинально визначає, де і як їх можна застосовувати. Це зумовлено тим, що саме хімічний "рецепт" припою формує найважливіші характеристики з'єднань, такі як міцність, температура плавлення, електропровідність та стійкість до зовнішніх впливів. Відповідно, підбір оптимального хімічного складу є критично важливим для забезпечення надійності та довговічності паяних з'єднань у різноманітних сферах.

Основні параметри властивостей припоїв, які можна регулювати змінюючи хімічний склад це температура плавлення, механічні властивості, електропровідність та екологічні аспекти.

Якщо припій має низьку температуру плавлення, його зручно використовувати для паяння чутливих електронних компонентів, які можуть пошкодитися від високої температури. Однак, таке з'єднання може бути непридат-

ним для застосувань, де потрібна стійкість до високих робочих температур. Припої на основі свинцю (Sn-Pb) традиційно широко використовувалися завдяки низькій температурі плавлення (евтектичний сплав 63% Sn і 37% Pb плавиться при 183 °C), що полегшувало процес паяння та зменшувало ризик пошкодження компонентів. Сплави з різним співвідношенням Sn/Pb мають різні температурні діапазони плавлення, що дозволяло розширити галузь їх використання.

З іншого боку, припої з високою температурою плавлення забезпечують міцніші з'єднання, здатні витримувати значні теплові навантаження, але вимагають більш енергоємного процесу паяння. Безсвинцеві припої (на основі Sn, Cu, Ag, Bi, In, Zn, Sb) зазвичай мають вищу температуру плавлення (наприклад, SAC сплави - Sn-Ag-Cu - плавляться при 217-221 °C).

Додавання певних елементів, таких як срібло (Ag) та мідь (Cu) до безсвинцевих припоїв, може значно підвищити міцність на розрив та стійкість до термічної втоми паяних з'єднань. Наприклад, SAC сплави демонструють кращі механічні характеристики порівняно з традиційними Sn-Pb припоями в деяких застосуваннях. Деякі елементи, наприклад, вісмут (Bi), можуть знижувати пластичність і підвищувати крихкість з'єднань, особливо при термоциклюванні. Тому вміст таких елементів ретельно контролюється залежно від умов експлуатації. Склад припою також впливає на здатність паяного з'єднання витримувати механічні навантаження. Наприклад, припої з додаванням кадмію (Cd-Zn) можуть забезпечувати високу стійкість до вібрації та напружень.

Додавання срібла (Ag) до припоїв може покращити їх електропровідність та зменшити електричний опір з'єднання, що є важливим для електронних застосувань. Також у припоях для електропромисловості важливо контролювати процес утворення інтерметалічних сполук на межі між припоєм та основним металом, який також впливає на електричні властивості та надійність з'єднання.

На сьогодні широке використання припої знаходять в наступних галузях:

1. Електроніка: Для паяння чутливих електронних компонентів використовуються припої з низькою температурою плавлення (хоча безсвинцеві варіанти з покращеними властивостями стають все більш поширеними). Важливими є також електропровідність та стійкість до утворення віскерів олова (для припоїв на основі олова).

2. Аерокосмічна галузь та автомобільна промисловість: Вимагають припоїв з високою міцністю, стійкістю до термічної втоми та вібрацій. Тут можуть використовуватися спеціальні безсвинцеві сплави з додаванням срібла, міді та інших елементів.

3. Сантехніка: Раніше широко використовувалися припої Sn-Pb (50/50), але через токсичність свинцю їх замінюють безсвинцевими сплавами Sn-Sb або Sn-Cu, які мають достатню міцність та корозійну стійкість для роботи з водою.

На виконання екологічних вимог науковцям необхідно обмежувати використання свинцю (Pb) в складі припоїв і це призвело до активного розвитку та впровадження безсвинцевих припоїв. Це спричинило значні зміни в хімічному складі припоїв, що використовуються в електроніці, сантехніці та інших галузях.

Тому дослідження хімічного складу припоїв на зміни їх властивостей є актуальними.

## СЕКЦІЯ «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»

УДК 504.61

Нестеров О.В.<sup>1</sup>, Рубан В.Т.<sup>2</sup>, Польникова І.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асист. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. М-714м НУ «Запорізька політехніка»

### ПРО АКТУАЛЬНІСТЬ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Діюча система управління охороною праці (СУОП) [1] на всіх рівнях сформована за принципом «запобіжних дій», тобто профілактики небезпечних випадків та ситуацій. В сучасних умовах такий підхід потребує застосування елементів по принципу «коригувальних дій», тобто реагування на небезпечні випадки та ситуації, що пов'язано з особливостями виробництва під час воєнного стану.

У відповідності до статті 5 Закону України «Про критичну інфраструктуру» від 05.12.2022, зі змінами внесеними згідно із Законом № 2684-IX від 18.10.2022 метою державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури є забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури, запобігання проявам несанкціонованого втручання в їх функціонування, прогнозування та запобігання кризовим ситуаціям на об'єктах критичної інфраструктури, що не може не вплинути на забезпечення безпечних умов праці.

До основних завдань у сфері захисту критичної інфраструктури належать:

- розроблення комплексу заходів з контролю за ризиками безпеки, виявлення, запобігання та ліквідації наслідків інцидентів безпеки на об'єктах критичної інфраструктури;
- аналіз викликів та загроз, що впливають на стійкість критичної інфраструктури, оцінка стану її захищеності;
- обов'язкове виконання заходів щодо збереження життя та здоров'я персоналу.

Застосування систем менеджменту в цих умовах ставить за мету необхідність охоплення усіх заходів в галузі підвищення безпеки праці на підставі яких формуються нові цілі і завдання та їх реалізація.

Моніторинг стану безпеки праці здійснюється в будь який час та при виконанні будь яких виробничих процесів. Це дає можливість оперативно реагувати на появу потенційних або реальних загроз, безпечного виконання виробничих процесів та своєчасно здійснювати відповідні заходи.

Ефективність забезпечення безпеки виробничих процесів у звичайний період ґрунтувалась на функціональному підході. Сутність такого підходу полягає у проведенні аналізу потенційних небезпек з визначенням потенційно небезпечного або шкідливого виробничого чинника, пошуку причин його прояву та з'ясування можливих наслідків негативного впливу на людину. На основі аналізу планують поліпшувальні (попереджувальні) заходи, спрямовані на виключення або мінімізацію негативного впливу небезпечних або шкідливих чинників виробничого процесу.

Виходячи з прагнення України стати частиною міжнародної спільноти постала необхідність імплементації міжнародних підходів до систем забезпечення безпеки визначає необхідність використання процесних підходів, що є базовим положенням до побудови систем менеджменту підприємства, згідно стандарту ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT)» [2].

Процесний підхід в управлінні охороною праці на підприємствах визначає розгляд будь-якого технологічного процесу як сукупність взаємопов'язаних елементів (підпроцесів) спрямованих на досягнення кінцевого результату.

Основними етапами при реалізації процесного підходу є:

- сприйняття усього процесу як системи;
- з'ясування послідовності та взаємозв'язку підпроцесів;
- ранжування елементів системи по потенційним небезпекам;
- проведення аналізу критичності цих небезпек;
- побудова моделі яка б виключала негативний вплив найбільш небезпечних елементів системи.

Сучасні методи організації виробництва вимагають необхідність застосування нових організаційних форм управління з метою формування нових цілей та завдань щодо позитивних змін виробничого середовища і, як наслідок, підвищення безпеки виробничих процесів, розробку та впровадження стандартизованих систем управління охороною праці у відповідності ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування».

Пріоритет міжнародних підходів до систем безпеки, в цей період, є необхідністю з огляду на поглиблену взаємодію з європейськими виробниками з питань забезпечення обороноздатності України, в тому числі перенесення виробництв на територію країни.

Таким чином, впровадження та забезпечення функціонування системи менеджменту охорони здоров'я і забезпечення безпеки праці (ОЗіЗБП) дозволить покращити свої показники діяльності в безпековій області.

При такому підході створюється процесна структура, яка пов'язує всі елементи загального процесу виробництва між собою і орієнтує кожен з них на досягнення спільної мети, якою є рівень підвищення безпеки. Реалізація цього принципу в організації передбачає наступні дії:

- визначення схеми процесу, завдяки якому досягається бажаний результат;
- визначення складових процесу, які мають найбільший рівень ризику виникнення небезпек;
- встановлення вимог до вихідних компонентів процесів, їх етапів, дій, потоків, методів контролю, потреб у навчанні, обладнання, технологій, інформації, матеріалів та інших ресурсів, необхідних для досягнення безпекової складової отриманого продукту;
- розробка новітніх схем технологічних процесів, конструкцій технологічного обладнання, застосування найбільш ефективних засобів автоматичного управління процесами з функціями запобігання аварійних ситуацій.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. ДСТУ ГОСТ 12.0.230-2008 «Система стандартів безпеки праці. Система управління охороною праці. Загальні вимоги (ГОСТ 12.0.230-2007. IDT)»
2. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. [Текст] : ДСТУ ISO 45001:2019. IDT. Чинний з 2011-01-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 114 с. – (Національний стандарт України)

УДК 331.45

Шмирко В.І.<sup>1</sup>, Якімцов Б.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. УФКС-123 НУ «Запорізька політехніка»

## **НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЙ, ЩО ПРИЗВОДЯТЬ ДО ПАНІКИ**

Одним із прикладів найбільш розповсюджених надзвичайних ситуацій є пожежа. Як відомо, пожежа може виникнути як в окремій будівлі чи споруді так і є, нажаль, багато прикладів, коли вогнем окуті цілі житлові квартали або промислові об'єкти. Найбільш частими причинами пожеж та вибухів, що можуть супроводжувати процес горіння, є: порушення правил пожежної безпеки; помилки при проектуванні системи електропостачання та надмірні струмові навантаження провідників, старіння ізоляції, короткі замикання;

несправність обладнання, порушення режиму технологічного процесу та правил експлуатації обладнання. [1].

Під час війни, що триває в Україні вже четвертий рік, основною причиною пожежі є вибухи. Наприклад, тільки за березень 2025 р. повітряні сили оборони України знищили понад 4000 повітряних цілей: 3208 ударних дронів БпЛА, 800 розвідувальних дронів, декілька балістичних, крилатих та керованих авіаційних ракет. Останні пів року безпекова ситуація в Харкові, Одесі, Дніпрі та Запоріжжі суттєво погіршилась. Збільшилась кількість ракетних влучань по житловій забудові та промисловій інфраструктурі, є прильоти по навчальних та лікувальних закладах, торговельно-розважальних центрах, готелях та офісах. Наслідком таких бомбардувань є руйнування будівель, загорання значних територій, є постраждалі та загиблі серед мирного населення. Збільшення загиблих і поранених призводить те тільки до розуміння, що абсолютно безпечних місць не існує, а і до панічних проявів, в моменти, коли необхідно реагувати на небезпеки швидко та відповідно зовнішнім впливам. Тобто, в критичній ситуації (після вибуху, під час пожежі) різні люди можуть поводитись по різному. Щоб зрозуміти їх поведінку, необхідно знати, як взагалі потенційно можуть поводитись люди в критичних ситуаціях, важливо спрогнозувати на початковому рівні, які фактори та характеристики існують та максимально впливають на поведінку людей в екстремальних умовах (табл.1). Також необхідно знати, як ці фактори впливають на евакуацію під час реальних трагічних подій.

У випадку швидкої зміни зовнішніх обставин також швидко змінюється і емоційний стан людини, у окремих осіб він стає неконтрольованим і стає додатковою загрозою для особистої безпеки та безпеки людей, що знаходяться поруч. Тому, контроль над панічними проявами набуває вкрай важливого значення для забезпечення ефективних та дієвих заходів з управління в момент надзвичайної ситуації.

Таблиця 1 – Фактори небезпеки при пожежі

| Характеристики постраждалих                                                                                      | Характеристики будівлі                                                                                |  | Характеристики пожежі                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| вік та стать<br>освітній рівень<br>попередній досвід<br>здатність до переміщення<br>обмеження рухової активності | житлове приміщення<br>офісне приміщення<br>промисловий об'єкт<br>лікувальний заклад<br>навчальний за- |  | вогонь (температура 1200-1400°C)<br>)<br>задимленість<br>(подразнення слизових оболонок, погіршення видимості)<br>нахил конструк- |

|                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                         |  |                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                            | клад<br>торгівельний<br>центр<br>готель<br>торгівельно-<br>розважальний                                                                                                                                 |  | цій будівлі (стін,<br>стелі, підлоги)<br>руйнування                                                                                                                                                                                 |
| знайомство з<br>будівлею<br>інструктаж з<br>пожежної без-<br>пеки<br>знання схеми<br>евакуації<br>інші навички<br>поведінки в<br>надзвичайних<br>ситуаціям | кількість повер-<br>хів<br>площа примі-<br>щення<br>розташування<br>виходів<br>розташування<br>сходових клітин<br>складність по-<br>шуку просто-<br>ру/шляху<br>форма будівлі<br>візуальний дос-<br>туп |  | клас можливої<br>пожежі:<br>А – пожежа твер-<br>дих речовин (де-<br>ревина, папір)<br>В - горючих рече-<br>вин і матеріалів<br>Г - негорючих<br>речовин у розжа-<br>реному стані<br>Д - негорючих<br>речовин у холод-<br>ному стані |
| Взаємодія з<br>іншими людьми<br>активний лідер<br>пасивна поведі-<br>нка<br>поодинці проти<br>інших<br>під ліками, ал-<br>коголем, нарко-<br>тиками        | Діяльність у бу-<br>дівлі<br>працююча особа<br>відпочивас чи<br>спить<br>прийом їжі<br>шопінг<br>перегляд виста-<br>ви, фільму кон-<br>церту, спортив-<br>них тренувань<br>чи змагань                   |  | Нюхові сигнали<br>про небезпеку<br>запах гару<br>їдкий запах<br>токсичність про-<br>дуктів згорання<br>0,4% оксиду вуг-<br>лецю є смертель-<br>ною дозою                                                                            |
| Емоційні про-<br>яви<br>лідерство<br>тривожний<br>збуджено істе-<br>ричний<br>панічний стан                                                                | Заходи безпеки<br>сигнал пожежної<br>тривоги<br>система голосо-<br>вого зв'язку<br>план пожежної<br>безпеки<br>навчений персо-<br>нал                                                                   |  | Звукові сигнали<br>розтріскування<br>розбите скло<br>руйнування буді-<br>вельних констру-<br>кцій<br>вибухова хвиля                                                                                                                 |

Таким чином, для забезпечення швидкої евакуації після вибухів, при пожежі, запобіганню панічних проявів, необхідно під час організації виробничого або побутового процесу враховувати та постійно дотримуватися вимог нормативно правових документів (включаючи планування будівель, системи активного та пасивного протипожежного захисту, схем евакуації), а також враховувати психоемоційні характеристики людей та їх здатність швидко приймати оптимальні рішення в надзвичайних ситуаціях. Це дасть можливість забезпечити безпеку та зберегти здоров'я усім, хто знаходиться в умовах екстремальних небезпек.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни «Цивільний захист» : частина перша – теоретична : навч. посіб. для студентів усіх спеціальностей та форм навчання / Укл. : М. О. Журавель, С. М. Журавель, М. І. Лазуткін, Ю. В. Якімцов – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 235 с. – URI : <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/7208>.

УДК 331.45

Коробко О.В.<sup>1</sup>, Троян Ю.І.<sup>2</sup>, Шиліна Д.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асист. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. Ю-113м НУ «Запорізька політехніка»

## **ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ЧИННИКІВ ТА ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ НА ВИРОБНИЦТВІ**

Аналітичні огляди стану техногенної та природної безпеки в Україні за останні роки свідчить, що відсутність необхідних показників надійності технічних елементів і технологій, надійності систем і засобів захисту, нерідко коли обумовлюється недостатнім обґрунтуванням підходів до ідентифікації небезпек та оцінювання ризиків у господарській діяльності. Отже, проблема ідентифікації шкідливих та небезпечних чинників є актуальною, оскільки вона впливає на вирішення підвищення ступеня захищеності персоналу.

Виявлення і чіткий опис усіх джерел небезпек і сценаріїв їх реалізації треба розглядати як основне завдання етапу ідентифікації небезпек, тому що не виявлені на цьому етапі небезпеки не піддаються розгляду і виключаються з подальшого аналізу. В процесі ідентифікації визначається, які елементи, технічні пристрої, технологічні блоки або процеси в технологічній системі є особливо важливими і вимагають більш серйозного аналізу, а які другорядні. Для ідентифікації небезпек, в залежності від характеру об'єкта, використовув-

ється один або декілька методів: попередній аналіз небезпек; аналіз небезпек і працездатності; аналіз виду і наслідків відмов; аналіз «дерева відмов»; аналіз «дерева подій»; аналіз небезпек і зв'язку з втратою працездатності. Результатом ідентифікації небезпек є:

а) перелік небажаних подій;

б) опис джерел небезпек (розподіл небезпечних речовин в технологічній системі, джерел займання тощо), факторів ризику, умов виникнення і розвитку небажаних подій (наприклад, сценаріїв можливих аварій);

в) попередні оцінки небезпек і ризику. Ідентифікація небезпек завершується вибором подальшого напрямку діяльності.

Як варіанти подальших дій можуть бути:

а) рішення припинити подальший аналіз з огляду на незначність небезпек або достатності отриманих попередніх оцінок;

б) рішення про проведення більш детального аналізу небезпек і оцінки ризику;

в) вироблення попередніх рекомендацій щодо зменшення небезпек.

Використання поняття «ризик», дозволяє переводити небезпеку в ряд категорій, що квантифікуються. Ризик фактично є мірою небезпек.

Визначення методів управління або розгляд змін до існуючих методів управління проводиться в контексті можливості зниження ризиків, відповідно з наступним:

а) усунення небезпек (наприклад, автоматизація процесу);

б) заміна однієї операції на іншу, заміна матеріалу;

в) інженерні заходи, засоби колективного захисту (вентиляція, кондиціювання, захисні екрани);

г) сертифіковані засоби індивідуального захисту;

д) інформування умовними знаками і/або адміністративні методи управління.

При неприйнятному ризику, з метою визначення результативності обраних заходів управління, проводиться повторний аналіз ризику з урахуванням обраних заходів управління. При зниженні категорії ризику до прийнятного рівня – продовжується робота з прийнятими заходами по управлінню ризиком. Якщо категорія ризику не знизилася до прийнятного рівня слід обрати нові конкретні заходи управління, а аналіз ризику проводити до тих пір, поки категорія ризику не стане прийнятною. При подальшому моніторингу показників охорони праці, якщо значення оцінки ризику в балах і категорія ризику не підвищилися, то процес управління професійними небезпеками здійснюється в контрольованих умовах. При підвищенні значення оцінки, категорії ризику і несприятливих даних моніторингу потенційно небезпечних об'єктів необхідно встановити нові методи управління і контролю, які дозвлять залишити ризик на колишньому рівні або перевести його в нижчу кате-

горію. Наслідки виконання ідентифікації та оцінки ризиків для здоров'я працівників використовуються при визначенні політики та перспективних цільових показників в сфері охорони праці. Результати ідентифікації і оцінки ризику повинні переглядатися щорічно при проведенні аналізу стану справ, а також якщо:

а) стався нещасний випадок (перегляд переліків небезпек повинен бути здійснений протягом встановленого терміну з моменту закінчення розслідування);

б) вносяться зміни в діяльність підприємства і/або підрозділу;

в) змінюються вимоги з питань безпеки праці, техногенної та пожежної безпеки;

г) змінюються існуючі (або впроваджуються нові) технології роботи.

Таким чином комплексна методика ідентифікації небезпек та оцінювання ризиків дозволяє: провести аналіз і розпізнати небезпеки будь якого технологічного процесу; оцінити професійні ризики, пов'язані з ідентифікованими небезпеками; розробити заходи щодо підвищення якості процесу охорони праці, які сприяють зниженню кількості інцидентів, збільшенню економічної ефективності технологічних процесів.

UDC 613.6

Petryshchev A.S.<sup>1</sup>, Pelivanova V.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>assistant professor NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

<sup>2</sup>Student SN-123 NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

## **RESEARCH OF THE FEATURES OF THE PROBLEM OF SAFETY, HEALTH AND LABOR PROTECTION AT INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF THE IMPLEMENTATION OF THE WORK OF VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS**

It should be noted such harmful factors of the production environment in relation to microclimatic conditions as increased amount of industrial dust, humidity, noise, vibration and ultrasound, mechanical and electrical factors etc. The relevance of the study is to determine the relationship between negative factors of industrial production and the consequences of such factors for workers. The problem was determined by the need to systematize and logically present the impact of production factors on the human body. An analysis of the specifics and difficulties of ensuring occupational safety and hygiene at an industrial enterprise was performed. A list of hazards to which workers are exposed, whose professional activities are associated with the influence of dust, elevated temperatures, aggressive environments and other air pollution in the working area, was identified. For more stable

and comfortable working conditions, the use of axial high-pressure fans with relatively higher power was proposed. Some steps to optimize the system with central air conditioners consisted in providing additional equipment with air filtration and dehumidification systems. The list of the latest trends in improving meteorological conditions in the room includes equipping air conditioners with antibacterial systems that inhibit the appearance and development of bacteria. This will significantly reduce the risk of unpleasant odors from the ventilation system and possible allergic reactions in workers who will be in the room. A relative reduction in the noise level can be achieved by equipping the ventilation ducts with a layer of noise-absorbing material. At the same time, an additional reduction in the vibration level can be achieved by equipping the motor with a fan to the central air conditioner housing with rubber or spring vibration isolators. To ensure a higher level of heat and energy efficiency for the equipment of the premises, an air recovery system was proposed. Such a system uses heat exchangers, the task of which is to return the thermal energy lost through the ventilation system. That is, in the warm season, heated air does not enter the room, and in the cold season, cooled air does not enter. Such a solution, in turn, will allow significant savings on heating costs and will lead to a reduction in heat losses.

УДК 614.84

Журавель М. О.<sup>1</sup>, Журавель С. М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

## **ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ПОЖЕЖ У ПРОМИСЛОВИХ КОМПЛЕКСАХ ТА ШЛЯХИ ЇХ ЗАПОБІГАННЯ**

Існування людства тісно пов'язане із навколишнім середовищем. Хоча технологічний прогрес значно розширює можливості людини – вона таїть і велику небезпеку. Без його правильного контролю він може значно нашкодити екології, або взагалі знищити.

Існує безліч різних небезпек, пов'язаних із промисловими комплексами. Найвідоміша проблема пов'язана з промисловими комплексами – це витік шкідливих речовин, таких як хімічні концентрати, радіація, біологічні відходи тощо. Проте, є й низка інших проблем, у цій статті буде розглянуто наслідки та шляхи запобігання пожеж.

Пожежі в промислових комплексах мають велику кількість наслідків, найголовнішими з них можна назвати:

Викиди токсичних речовин. Пожежі на промислових комплексах можуть призводити до викидів токсичних речовин, таких як оксиди азоту, сірки та вуглецю, які можуть бути шкідливими для здоров'я людини та навколишнього середовища.

Забруднення водних ресурсів. Пожежі можуть призвести до забруднення поверхневих та підземних водних ресурсів, якщо внаслідок пожежі відбувається розлив нафти, хімічних речовин або інших небезпечних речовин.

Знищення рослинності. Пожежі можуть знищувати рослинність та породжувати небезпеку появи лісових пожеж. Це може призвести до скорочення чисельності тварин та птахів, які мешкають у зоні пожежі.

Руйнування екосистем. Пожежі на промислових комплексах можуть зруйнувати екосистеми навколо них. Це може призвести до порушення балансу в екосистемах та погіршення якості ґрунту.

Погіршення якості повітря. Пожежі можуть призвести до погіршення якості повітря в районах, що знаходяться поряд із промисловими комплексами.

Для запобігання пожежам у першу чергу необхідно визначити ймовірні джерела пожеж на промислових комплексах. Насамперед для виникнення пожежі необхідно три речі: джерело займання, джерело палива та кисень. До джерел займання відносяться: обігрівачі, освітлення, відкритий вогонь, електричне обладнання, матеріали для куріння тощо.

Серед способів запобігання пожежам можна виділити такі:

1. Вкладення коштів у придбання первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників), які необхідні для забезпечення виконання будь-якого плану протипожежного захисту. Оскільки вони є першою лінією оборони у разі виникнення пожежі. Однак необхідно враховувати, що для кожного типу пожежі є свій тип вогнегасника.

2. Проведення оцінки пожежного ризику. Включення періодичних оцінок пожежного ризику до планів пожежної безпеки промислових комплексів може допомогти уникнути потенційної небезпеки займання. Вони включають ідентифікацію та точне визначення небезпеки пожежі, визначення можливих джерел пожежної небезпеки та визначення систем безпеки, найбільш підходящих для промислових комплексів.

3. Організація інструктажу з пожежної безпеки. Промислові комплекси мають певні рівні пожежного ризику, тому необхідно переконатись, що співробітники розуміють, що необхідно робити для виявлення пожежної небезпеки, як проводити оцінку пожежного ризику, як вживати заходів щодо запобігання пожежам та як реагувати на надзвичайну ситуацію (далі – НС).

4. Безпечне зберігання легкозаймистих матеріалів. Безпечне зберігання легкозаймистих речовин має вирішальне значення зниження ризику займання. Легкозаймисті речовини не слід зберігати поряд з електричним та опалювальним обладнанням або поряд з виходами.

5. Заплановані регулярні перевірки електромереж та електрообладнання. Регулярні перевірки електромереж та електрообладнання допомагають

виявити потенційні небезпеки та порушення правил безпеки, які можуть спричинити електричні пожежі.

6. Забезпечення належного керування відходами. Завантажені промислові комплекси виробляють значні відходи та сміття, які можуть сприяти пожежі. Сміття може містити горючі матеріали, тому його слід тримати далеко від неконтрольованих джерел тепла або відкритого вогню, щоб знизити ризик займання.

7. Організація регулярного технічного обслуговування техніки та обладнання. Машини та обладнання, речі з частинами, що рухаються, і тертям або обладнання, в якому використовуються гарячі масла, можуть становити потенційний ризик займання. Регулярне технічне обслуговування обладнання та машин, відмінні методи господарювання та підвищення обізнаності можуть допомогти запобігти цим пожежам.

8. Обмеження куріння. Куріння на промислових комплексах є пожежо-небезпечним та має бути заборонено. Необхідно інформувати всіх співробітників про заборону небезпечних територій куріння.

9. Встановлення систем виявлення пожежі. Раннє виявлення пожежі має важливе значення та допомагає швидко відреагувати на НС.

Підсумувавши можна сказати, що промислові комплекси становлять велику загрозу екології, зокрема пожежі, які можуть знищувати великі території та викидати шкідливі гази в атмосферу. Тому вони вимагають ретельного контролю та управління, з метою мінімізації їх негативного впливу на довкілля. Саме превентивні заходи можуть допомогти зменшити ризик виникнення пожеж та зменшити негативний вплив на довкілля.

УДК 614.875

Журавель М. О.<sup>1</sup>, Журавель С. М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

## **ВИМОГИ ДО РОБОТОДАВЦІВ ЩОДО ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ ВІД ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ**

Вимоги щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці шляхом належного облаштування робочих місць і виробничих, санітарно-побутових та інших приміщень повинні відповідати НПАОП 0.00-7.11-12 «Загальним вимогам стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників».

Роботодавець перед початком робіт у разі застосування джерел електромагнітних полів відповідно до вимог НПАОП 0.00-7.13-14 «Вимоги до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу електромагнітних полів», повинен:

- організувати вимірювання напруженості електричної і магнітної складових електромагнітних полів відповідно до ДСанПіН 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» (далі – ДСанПіН 3.3.6.096-2002);

- з урахуванням результатів гігієнічного оцінювання забезпечити облаштування виробничих приміщень і розташування обладнання відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.6.096-2002;

- забезпечити працівників засобами індивідуального захисту від дії електромагнітних полів відповідно до ДСанПіН 3.3.6.096-2002 та забезпечити спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до вимог НПАОП 0.00-7.17-18 «Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці».

Роботодавець повинен забезпечити проведення відповідних лікувально-профілактичних заходів відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.6.096-2002.

Роботодавець повинен за власні кошти організувати проведення медичних оглядів працівників певних категорій, а саме попередній медичний огляд (під час прийняття на роботу) та періодичні медичні огляди (протягом трудової діяльності), відповідно до вимог «Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій».

Перед початком роботи та під час проведення робіт роботодавець повинен особливо звернути увагу на:

- рівень, частотний спектр, тривалість та характер впливу електромагнітних полів;

- гранично допустимий рівень (далі – ГДР) показників електромагнітних полів;

- можливість прямого впливу електромагнітних полів на безпеку і здоров'я працівників;

- можливість будь-якого непрямого впливу;

- доцільність заміни обладнання з метою зменшення рівня електромагнітних полів;

- на інформацію, отриману під час проходження медичного огляду, щодо стану здоров'я працівників;

- на наявність кількох одночасно працюючих джерел електромагнітних полів;

- на одночасний вплив електромагнітних полів різної частоти.

Перераховані вище заходи, повинні проводитись регулярно відповідно до вимог НПАОП 0.00-7.17-18 «Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці», а також позачергово в разі введення нового обладнання, змін у розміщенні обладнання та режимів його роботи.

## **ВПЛИВ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА НА СТАБІЛЬНІСТЬ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ**

Сучасні міжнародні тенденції у сфері безпеки, вимоги законодавчих та нормативно-правових актів, процедур сертифікації призводять до усвідомлення необхідності здійснювати оцінку ризиків у виробничих процесах. Процес аналізу ризиків і управління ними прийняв сьогодні фундаментальне значення. При цьому на перший план виходить людський чинник – як джерело зростання невизначеності у процесі прийняття управлінських рішень. Загальновідомо, що у виникненні аварій і катастроф, які призвели до небажаних наслідків, в багатьох випадках істотну роль грає саме людський чинник.

Вивчаючи весь спектр загроз сучасного світу і прояви їх реалізації можна констатувати, що існуюча цивілізація є цивілізацією ризику. Сам по собі «чинник» є поняттям нейтральним, але саме від людини, від її діяльності залежить, який ефект буде переважати – позитивний чи негативний.

Основними аспектами дослідження проблематики людського чинника є:

- а) його структура, відповідальність (духовний, правовий, організаційний аспекти);
- б) ціна організаційно-управлінських «помилкок»;
- в) можливість оцінки і прогнозування впливу людського чинника в критичних і надзвичайних ситуаціях;
- г) можливість контролю і регулювання впливу людського чинника в основних областях людської діяльності.

Не існує видів діяльності в ергатичних системах, в яких не потрібно в тій чи іншій мірі вирішувати проблеми безпеки, причому, чим складніше діяльність, тим більш значуща дана проблематика. Складність даної проблематики – забезпечення безпеки з урахуванням впливу людського чинника – призводить до необхідності її вивчення на основі системного підходу. Методологічно специфіка системного підходу визначається тим, що він орієнтує дослідження на розкриття цілісності об'єкта і забезпечує її механізми, на виявлення різноманітних типів зв'язків складного об'єкта і зведення їх в єдине ціле. Аналізуючи роль людського чинника в політичній, економічній, виробничій та інших сферах діяльності видно, що він проявляється у відсутності своєчасного втручання; помилковому втручанні; правильному, але несвоечасному втручанні; надмірному або шкідливому втручанні.

Досліджуючи феномен людського чинника необхідно, перш за все, виявити не тільки причиннонаслідкові зв'язки цього явища з виникненням над-

звичайних ситуацій (НС), але і розробити механізми, що дозволяють використовувати можливості, які закладені в цьому понятті. Перш за все це відноситься до професійної підготовки осіб, які приймають відповідальні рішення по забезпеченню безпеки, їх безперервного самовдосконалення і розвитку, підвищенню моральної стійкості і відповідальності. Так, наприклад, створення і грамотна експлуатація систем виявлення небезпек і загроз, спостереження і попередження переводить НС з непередбачених в розряд прогнозованих, багаторазово скорочуючи витрати, які потрібні були б на ліквідацію їх наслідків. Можливість настання негативних наслідків для національної безпеки і сталого розвитку країни під впливом дії людського чинника називають стратегічним ризиком. Стратегічний ризик пов'язаний з прорахунками у виборі пріоритетів державної політики, що тягнуть за собою спади і диспропорції в соціально-економічному розвитку країни, її віддалення від передових країн і наростання загрози самому її існуванню.

Для вирішення завдань своєчасного розпізнавання в ергатичних системах передумов загроз з урахуванням людського чинника, вжиття запобіжних заходів з протидії небезпекам, бачення перспективи потрібне чітке регулювання сфер відповідальності, взаємодії і координації між державними органами виконавчої влади, місцевого самоврядування та власниками небезпечних об'єктів з метою забезпечення їх безаварійної експлуатації, зміцнення виробничої дисципліни, підвищення відповідальності і професійної підготовки кадрів.

Управління знаннями не є чимось новим, оскільки на підприємствах і в організаціях завжди реалізовувалися освітні програми, проводилися тренінги та інші заходи для отримання і поширення передового досвіду і знань. Однак в умовах зростання ризиків природно-техногенного характеру, посилення ринкової конкуренції, управління знаннями стає основним фактором зниження ризиків, забезпечення безпеки населення, об'єктів економіки і держави, підвищення конкурентоспроможності.

Рішення проблеми взаємодії людини і навколишнього світу з використанням потенціалу знань про ризики і культури ризику дозволить знизити негативний вплив людського чинника і підняти проблеми ризику на глобальний, біосферний рівень. Стан людського чинника – це наслідок відповідальності, взаємодії і координації дій між державними органами законодавчої та виконавчої влади, місцевого самоврядування та громадським суспільством. Таким чином, цивілізація ризику на основі максимально ефективного управління людським чинником, а саме, використання інтелектуальної потужності окремої людини і всього населення країни, стає цивілізацією знань і ризику.

## **ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ПРОВЕДЕННЯ МЕДИЧНИХ ОГЛЯДІВ ПРАЦІВНИКІВ**

Попередній (періодичні) медичний огляд працівників проводиться закладами охорони здоров'я, які отримали в установленому законодавством порядку ліцензію на провадження господарської діяльності з медичної практики за спеціальностями визначеними у «Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій» (далі – «Порядок проведення медичних оглядів»).

Заклади державної санітарно-епідеміологічної служби щорічно за заявою роботодавця (його представника), за участю представника первинної профспілкової організації або уповноваженої працівниками особи визначають категорії працівників, які підлягають попередньому (періодичним) медичному огляду та до 1 грудня складають Акт визначення категорій працівників, які підлягають попередньому (періодичним) медичному огляду (далі – Акт) за формою, визначеною у «Порядку проведення медичних оглядів».

На підставі Акту визначення категорій працівників, які підлягають попередньому (періодичним) медичному огляду, роботодавець складає протягом місяця у чотирьох примірниках поіменні списки працівників, які підлягають періодичним медичним оглядам за формою, визначеною у «Порядку проведення медичних оглядів» на паперовому та електронному носіях, узгоджує їх у санітарно-епідеміологічній станції. Один примірник списку залишається на підприємстві (у відповідальній за організацію медогляду посадовій особі), другий – надсилається до закладів охорони здоров'я, третій – до закладу державної санітарно-епідеміологічної служби, четвертий – до робочого органу виконавчої дирекції Фонду.

Для проведення попереднього (періодичних) медичного огляду працівників роботодавець повинен укласти або вчасно поновити договір з закладом охорони здоров'я та надати йому список працівників, які підлягають попередньому (періодичним) медичному огляду.

Під час прийняття на роботу в разі переведення на іншу важку роботу, роботу із шкідливими або небезпечними умовами праці роботодавець повинен видати направлення на обов'язковий попередній медичний огляд працівника (далі – направлення) за формою, визначеною у «Порядку проведення медичних оглядів».

Роботодавець за рахунок власних коштів забезпечує організацію проведення медичних оглядів, витрати на поглиблене медичне обстеження праців-

ника з підозрою на професійні та виробничо зумовлені захворювання та їх медичну реабілітацію, диспансеризацію працівників груп ризику розвитку професійних захворювань.

Періодичність проведення медичних оглядів, фахових лікарів, які беруть участь у їх проведенні, перелік необхідних лабораторних, функціональних та інших досліджень, медичні протипоказання допуску до виконання робіт, пов'язані із впливом виробничих факторів, визначені в Переліку шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища і трудового процесу, при роботі з якими обов'язкові попередній (періодичні) медичний огляд працівників, наведеному в «Порядку проведення медичних оглядів» та Переліку робіт, для виконання яких є обов'язковим попередній (періодичні) медичний огляд працівників, також наведеному в «Порядку проведення медичних оглядів».

Періодичність проведення медичних оглядів у закладах охорони здоров'я може змінюватися закладом державної санітарно-епідемічної служби, виходячи з конкретної санітарно-гігієнічної та епідемічної ситуації, але не рідше одного разу на два роки.

Проведення попереднього (періодичних) медичного огляду здійснюється комісією з проведення медичних оглядів закладів охорони здоров'я (далі – Комісія). Комісією очолює заступник головного лікаря або уповноважена головним лікарем особа, який має підготовку з професійної патології.

Комісія має право доповнювати види та обсяги необхідних обстежень і досліджень з урахуванням специфіки дії виробничих факторів і медичних протипоказань.

До складу Комісії входять обов'язково терапевт, лікарі, які пройшли підготовку з профпатології. При відсутності окремих лікарів до проведення медичних оглядів залучаються на договірній основі спеціалісти з інших закладів охорони здоров'я. Комісія забезпечує проведення необхідних лабораторних, функціональних та інших досліджень.

На підставі списку працівників, які підлягають періодичним медоглядам, заклад охорони здоров'я складає план-графік їх проведення, погоджує його з роботодавцем і закладом державної санітарно-епідеміологічної служби.

У плані-графіку вказуються строки проведення медоглядів, лабораторні, функціональні та інші дослідження та лікарі, залучені до їх проведення. Медогляд лікарями проводиться тільки за наявності результатів зазначених досліджень.

Для проходження медичного огляду працівник пред'являє до Комісії паспорт або інший документ, що посвідчує його особу, та Медичну карту амбулаторного хворого, при попередньому медогляді пред'являє направлення, видане роботодавцем за встановленою формою.

Працівники, для яких є обов'язковим первинний і періодичний профілактичні наркологічні огляди, повинні надати Комісії сертифікат про проходження профілактичного наркологічного огляду, довідку про проходження попереднього (періодичного) психіатричного огляду, висновок психофізіологічної експертизи.

Працівники транспортних засобів проходять попередні (періодичні) медичні огляди як працівники, зайняті на важких роботах, роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці.

Питання придатності до роботи в кожному окремому випадку вирішується індивідуально з урахуванням особливостей функціонального стану організму (характеру, ступеня прояву патологічного процесу, наявності хронічних захворювань), умов праці та результатів додаткових методів обстеження.

Кожен лікар, який бере участь в обстеженні пацієнта, дає висновок щодо стану здоров'я працівника, підтверджує його особистим підписом та особистою печаткою, бере участь в остаточному обговоренні придатності обстежуваної особи до роботи в обраній професії та в разі необхідності визначає лікувально-оздоровчі заходи.

Результати попереднього (періодичних) медичного огляду працівників і висновок Комісії про стан здоров'я заносяться до Картки працівника, який підлягає попередньому (періодичним) медичному огляду (далі – Картка працівника) за формою, визначеною у «Порядку проведення медичних оглядів». Копія Картки працівника зберігається в архіві закладу охорони здоров'я, що проводив медичний огляд.

На підставі Картки працівника Комісією видається працівнику Медична довідка про проходження попереднього (періодичного) медичного огляду працівника за формою, визначеною у «Порядку проведення медичних оглядів».

За результатами періодичних медичних оглядів (протягом місяця після їх закінчення) Комісія оформляє Заключний акт за результатами періодичного медичного огляду працівників (далі – Заключний акт) за формою, визначеною у «Порядку проведення медичних оглядів». Термін зберігання Заключного акту 5 років.

Результати медичного огляду можуть бути оскаржені роботодавцем або громадянином у закладах охорони здоров'я вищого рівня або в судовому порядку.

## **ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ, ТЕРИТОРІЙ, ДОВКІЛЛЯ ТА ВИРОБНИЧА БЕЗПЕКА» В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

Мета вивчення освітнього компонента «Захист населення, територій, довкілля та виробнича безпека» здобувачами освітньо-професійних програм другого рівня вищої освіти, що реалізуються Національним університетом «Запорізька політехніка», полягає у формуванні у майбутніх фахівців знань, умінь, навичок та компетентностей для поліпшення умов праці з урахуванням досягнень науково-технічного прогресу та міжнародного досвіду. Засвоєння вимог нормативно-правових актів України та міжнародних документів, технологічних досягнень та ефективних методів забезпечення безпечних умов праці та заходів захисту робітників, населення та навколишнього середовища в умовах надзвичайних ситуацій є запорукою успішної професійної діяльності в будь якій галузі господарства.

Головною метою створення системи дистанційної освіти є забезпечення загальнонаціонального доступу до освітніх ресурсів шляхом використання сучасних інформаційних технологій та телекомунікаційних мереж і створення умов для реалізації громадянами своїх прав на освіту [1].

Основне завдання дистанційної освіти – створення безпечного освітнього середовища, встановлення інтерактивного спілкування між студентом та викладачем без забезпечення їх безпосередньої зустрічі, забезпечення доступності якісної освіти, самостійне освоєння теоретичних знань, практичних умінь та навичок за обраним курсом при використанні певних інформаційних технологій.

Одним з головних елементом дистанційного навчання є підготовленість здобувачів вищої освіти, які мають відповідні навички роботи у інтерактивному середовищі і бути з високим рівнем освітньої самомотивації та цілеспрямованими. Як показав освітній процес, більшість здобувачів вищої освіти мають різний рівень базової освіти і навички самостійної роботи.

Другим важливим елементом дистанційної освіти повинен бути кваліфікований викладацький склад, який володіє сучасними педагогічними та інформаційними технологіями. Професорсько-викладацький склад повинен бути психологічно готовий до роботи із здобувачами вищої освіти у дистанційному середовищі [2].

На сьогоднішній день існує безліч програм для забезпечення дистанційного навчання, серед яких одне з найважливіших місць посідають програми для візуалізації. Вони за допомогою мережі інтернет дозволяють забезпечу-

вати зв'язок між комп'ютерами та мобільними пристроями – Zoom, Google Meet та інші. Під час семінарів і зустрічей можна презентувати матеріал зі свого робочого столу на комп'ютері, планшеті чи смартфоні.

Для організації дистанційного навчання також використовується навчальна платформа Moodle. Викладач реєструється на платформі, має свій логін та пароль для входу, формує свою сторінку: розміщує інформацію про свої навчальні курси, назви модулів, змістове наповнення дисципліни, слідкує за діяльністю студентів, розміщує завдання та оповіщає про них учасників освітнього процесу, може проводити поточне оцінювання та підсумковий контроль.

Технічні дисципліни мають певну специфіку, яка потребує застосування інструментарію в умовах дистанційних курсів, а саме: лекції з аудіовізуальним супроводом, інтерактивні лекції, мультимедійні презентації до практичних робіт, лабораторні онлайн-роботи, інтерактивні елементи.

Оцінка якості засвоєння навчальної програми з дисципліни «Захист населення, територій, довкілля та виробнича безпека» включає поточний контроль успішності засвоєння матеріалів та складання заліку. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання з подальшим захистом. При вивченні дисципліни політика дотримання академічної доброчесності визначається Кодексом академічної доброчесності Національного університету «Запорізька політехніка».

Таким чином, використання новітніх інформаційних технологій у процесі вивчення дисципліни «Захист населення, територій, довкілля та виробнича безпека» дає можливість більш ефективно розширювати навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, формувати корисні професійні навички для визначення рівня ризику та обґрунтування комплексу заходів, спрямованих на захист населення, персоналу, матеріальних та культурних цінностей в умовах надзвичайних ситуацій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чернишова А. М. Особливості викладання мистецьких дисциплін в умовах дистанційного навчання. Наукові досягнення та інновації: шлях до успіху. X Всеукраїнська мультидисциплінарна науково-практична Інтернет-конференція, 31 травня 2023. – С. 181-185.

2. Тузінька А. С. Викладання дисципліни «Цивільний захист» за допомогою дистанційних засобів освіти // Актуальні проблеми безпеки життєдіяльності людини в сучасному суспільстві: матеріали Всеукраїнської науково-теоретичної інтернет-конференції, м. Миколаїв, 24 листопада 2021 р. Миколаїв : МНАУ, 2021. – С. 314-318.

Наукове електронне видання  
Можна використовувати в локальному та  
мережному режимах

**ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2025**  
**Факультет будівництва, архітектури та дизайну**

Збірник тез доповідей щорічної  
науково-практичної конференції серед студентів, викладачів, науковців, мо-  
лодих учених і аспірантів

*14–18 квітня 2025 року*

Один електронний оптичний диск (DVD-ROM); супровідна документація.  
Тираж 100 прим. Зам. №550

Видавець і виготовлювач  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Університетська, 64  
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідectво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.