

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Україна)  
Асоціація випускників Національного університету «Чернігівська політехніка»  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України (Україна)  
Херсонський національний технічний університет (Україна)  
Луцький національний технічний університет (Україна)  
Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)  
Національний авіаційний університет (Україна)  
Сумський державний університет (Україна)  
Oerlikon Barmag GmbH (Німеччина)  
Інженерна академія України  
Академія наук вищої освіти України  
Лодзький технічний університет (Польща)  
Технічний університет в Кошице (Словаччина)  
Thyssenkrupp Materials International GmbH (Німеччина)  
Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)  
Батумський державний університет ім. Шота Руставелі (Грузія)  
Київський національний університет технологій та дизайну (Україна)  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
Українське товариство механіки ґрунтів, геотехніки і фундаментобудування  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та  
військової техніки (Україна)



Матеріали XIII міжнародної  
науково-практичної конференції  
**«КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ»**

Том 2

25 - 26 травня 2023 р.  
м. Чернігів

УДК 621; 624; 674; 684; 621.22; 621.51-54; 661; 664; 620.268;621.791; 004  
К63

*Рекомендовано до друку вченою радою Національного університету  
«Чернігівська політехніка» (протокол № 5 від 29.05.2023)*

**Комплексне** забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС –  
К63 2023) : матеріали тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції  
(м. Чернігів, 25–26 травня 2023 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська  
політехніка» [та ін.] ; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів :  
НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – Т. 2. – 360 с.

ISBN 978-617-7932-47-4

### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

канд. техн. наук, доцент Єрошенко Андрій Михайлович, (Секція №1)  
канд. техн. наук, доцент Космач Олександр Павлович, (Секція №2)  
докт. техн. наук, професор Сахно Євгеній Юрійович, (Секція № 3)  
канд. техн. наук, доцент Хребтань Олена Борисівна, (Секція № 4)  
канд. техн. наук, доцент Прибисько Ірина Олександрівна, (Секція №5)  
канд. техн. наук, доцент Корзаченко Микола Миколайович, (Секція №6)  
канд. техн. наук, професор Терещук Олексій Іванович, (Секція № 6)  
канд. техн. наук, доцент Приступа Анатолій Леонідович, (Секція №7)  
канд. екон. наук, доцент Базилевич Володимир Маркович, (Секція № 8)  
канд. пед. наук, доцент Захаріна Тетяна Іванівна (Секція №9)

#### **Відповідальний координатор конференції:**

канд. техн. наук, доцент Сапон Сергій Петрович, тел. (097) 3844197, e-mail:  
[s.sapon@gmail.com](mailto:s.sapon@gmail.com) або [kzyatps@gmail.com](mailto:kzyatps@gmail.com)  
<https://www.facebook.com/kzyatps/>  
[www.conference-chernihiv-polytechnik.com](http://www.conference-chernihiv-polytechnik.com)

\*За зміст матеріалів, викладених в тезах доповідей персональну відповідальність несуть автори



УДК 621; 624; 674; 684; 621.22; 621.51-54; 661; 664; 620.268;621.791; 004  
ISBN 978-617-7932-47-4

© Національний університет  
«Чернігівська політехніка»

**МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

доктор Шефер Клаус (Oerlikon Barmag, Німеччина)  
Дітмар Йенке (BBEngineering GmbH, Німеччина)  
Штильгер Мартін (ThyssenKrupp, Німеччина)  
д.-р. наук, проф. Бадіда Мирослав, (Технічний університет Кошице, Словаччина)  
д.-р. наук, проф. Вархола Міхал, (Президент Академічного співтовариства М. Балудянського, Словаччина)  
д.т.н., проф. Голетіані Кетаван (Батумський навчальний університет навігації, Грузія)  
д.т.н., проф. Ісмаїлов Нізамі (Азербайджанський технічний університет, Азербайджан)  
д.-р. наук, проф. Келемен Міхал, (Кошицький університет охоронного менеджменту, Словаччина)  
д.ф.н., проф. Новрузов Рафік (Бакінський слов'янський університет, Азербайджан)  
д.т.н., проф. Радзевич С.П., (EATON Corp., США)  
проф. Сандал Ян-Урбан (Ректор інституту ім. д-ра Яна-Урбана Сандала, Норвегія)  
д.т.н., проф. Федориненко Д. Ю. (Tohoku University, Японія)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

д.т.н., проф. Новомлинець О.О. (м. Чернігів, ректор НУ «Чернігівська політехніка»)  
д.т.н., проф. Ступа В.І. (м. Чернігів, засновник конференції, почесний член національного програмного комітету)  
д.т.н., проф. Анісімов В.М. (м. Дніпро, Український державний університет науки і технологій)  
д.т.н., проф. Антонюк В.С. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Банзак О.В. (м. Одеса, Державний університет інтелектуальних технологій та зв'язку)  
д.т.н., проф. Білик С.І. (м. Київ, Київський національний університет будівництва і архітектури)  
д.т.н., проф. Бобир М.І. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Болотов Г.П. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)  
д.т.н., проф. Васильченко Я.В. (м. Краматорськ, Донбаська державна машинобудівна академія)  
д.т.н., проф. Веселовська Н.Р. (м. Вінниця, Вінницький національний аграрний університет)  
д.т.н., проф. Винников Ю.Л. (м. Полтава, Національний університет «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка»)  
д.т.н., проф. Воронцов Б.С. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Головка Л.Ф. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., доц. Грибков Е.П. (м. Краматорськ, Донбаська державна машинобудівна академія)  
д.т.н., проф. Грицай І.Є. (м. Львів, Національний університет «Львівська політехніка»)  
д.т.н., проф. Данильченко Ю.М. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Денисов Ю.О. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)  
д.т.н., с.н.с. Джала Р.М. (м. Львів, Фізико-механічний інститут ім.Г.В.Карпенка НАН України)  
д.т.н., проф. Дмитрієв Д.О. (м. Херсон, Херсонський національний технічний університет)  
д.т.н., проф. Долгов М.А. (м. Київ, Інститут проблем міцності ім. Г.С.Писаренка НАН України)  
д.т.н., проф. Дубенець В.Г. (м. Чернігів, почесний член національного програмного комітету)  
д.т.н., проф. Дубровський М.П. (м. Одеса, Одеський національний морський університет)  
д.т.н., проф. Єременко В.С. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Залога В.О. (м. Суми, Сумський державний університет)  
д.т.н., проф. Заріцький О.В. (м. Київ, Національний авіаційний університет)  
д.т.н., проф. Звірко О.І. (м. Львів, Фізико-механічний інститут ім.Г.В.Карпенка НАН України)  
д.т.н., доц. Зінко Р.В. (м. Львів, Національний університет «Львівська політехніка»)  
к.т.н., проф. Іванов М.І. (м. Вінниця, Вінницький національний аграрний університет)  
д.т.н., проф. Іванов В.О. (м. Суми, Сумський державний університет)  
д.геол.н., проф. Іванишин В.А. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)  
д.т.н., проф. Іскович-Лотоцький Р.Д. (м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет)  
д.т.н., проф. Казимир В.В. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)  
д.т.н., доц. Казимиренко Ю.О. (м. Миколаїв, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова)  
д.т.н., проф. Калафатова Л.П. (м. Покровськ, Донецький національний технічний університет)  
д.т.н., проф. Кальченко В.І. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)  
д.т.н., проф. Кальченко В.В. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)

- д.т.н., проф. Квасніков В.П. (м. Київ, Національний авіаційний університет)  
д.т.н., проф. Кириченко А.М. (м. Кропивницький, Центральноукраїнський національний технічний університет)  
д.т.н., проф. Клименко Г.П. (м. Краматорськ, Донбаська державна машинобудівна академія)  
д.т.н., проф. Клименко С.А. (м. Київ, Інститут надтвердих матеріалів ім. Бакуля НАН України)  
д.т.н., проф. Клочко О.О. (м. Харків, НТУ «Харківський політехнічний інститут»)  
д.т.н., проф. Ковалевський С.В. (м. Краматорськ, Донбаська державна машинобудівна академія)  
д.т.н., проф. Ковальов В.Д. (м. Краматорськ, Донбаська державна машинобудівна академія)  
д.т.н., проф. Козловський В.В. (м. Київ, Національний авіаційний університет)  
д.т.н., проф. Копей В.Б. (м. Івано-Франківськ, Івано-Франківський національний університет нафти і газу)  
д.т.н., проф. Копилов В.І. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
к.т.н., проф. Корнієнко М.В. (м. Київ, Київський національний університет будівництва і архітектури)  
д.т.н., проф. Корченко О.Г. (м. Київ, Національний авіаційний університет)  
д.т.н., проф. Криворучко О.В. (м. Київ, Державний торговельно-економічний університет)  
д.т.н., проф. Кузнєцов Ю.М. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Лаврінєнко В.І. (м. Київ, Інститут надтвердих матеріалів ім. Бакуля НАН України)  
д.т.н., проф. Лебедев В. О. (м. Київ, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України)  
д.т.н., проф. Луців І.В. (м. Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім. І Пулюя)  
д.т.н., проф. Маєвський В.О. (м. Львів, Національний лісотехнічний університет України)  
д.т.н., проф. Мазанко В.Ф. (м. Київ, Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України)  
д.т.н., проф. Майборода В.С. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Марков О.Є. (м. Краматорськ, Донбаська державна машинобудівна академія)  
д.т.н., доц. Мачуга О.С. (м. Львів, Національний лісотехнічний університет України)  
д.т.н., проф. Мелешко Є.В. (м. Кропивницький, Центральноукраїнський національний технічний університет)  
д.т.н., проф. Мироненко Є.В. (м. Краматорськ, Донбаська державна машинобудівна академія)  
д.філ. н., проф. Москаленко В.В. (м. Київ, Інститут психології імені Г.С. Костюка НАПН України)  
д.т.н., проф. Огінський Й.К. (м. Запоріжжя, Запорізький національний університет)  
д.т.н., проф. Онисько О.Р. (м. Івано-Франківськ, Івано-Франківський національний університет нафти і газу)  
д.т.н., проф. Онищенко В.В. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Орловський Б.В. (м. Київ, Київський національний університет технологій та дизайну)  
д.т.н., проф. Охріменко О.А. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Павленко П.М. (м. Київ, Національний авіаційний університет)  
д.т.н., проф. Пальчевський Б.О. (м. Луцьк, Луцький національний технічний університет)  
д.т.н., проф. Панчук В.Г. (м. Івано-Франківськ, Івано-Франківський національний університет нафти і газу)  
д.т.н., проф. Пасічник В.А. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Пермяков О.А. (м. Харків, НТУ «Харківський політехнічний інститут»)  
д.т.н., проф. Петраков Ю.В. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Певцов Г.В. (м. Черкаси, Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки)  
д.т.н., проф. Пінчевська О.О. (м. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України)  
д.т.н., проф. Пилипенко О.І. (м. Чернігів, почесний член національного програмного комітету)  
д.т.н., проф. Плаван В.П. (м. Київ, Київський національний університет технологій та дизайну)  
д.т.н., проф. Повстяной О.Ю. (м. Луцьк, Луцький національний технічний університет)  
д.т.н., проф. Похмурська Г.В. (м. Львів, Національний університет «Львівська політехніка»)  
д.т.н., проф. Равська Н.С. (м. Київ, почесна членкиня національного програмного комітету)  
д.т.н., проф. Рудь В.Д. (м. Луцьк, Луцький національний технічний університет)  
д.т.н., проф. Савенко В.І. (м. Київ, Київський національний університет будівництва і архітектури)  
д.т.н., проф. Савченко О.В. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)  
д.т.н., проф. Саленко О.Ф., (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Сахно Є.Ю. (м. Чернігів, Національний університет «Чернігівська політехніка»)



- д.т.н., проф. Семенов С.Г. (м. Харків, Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця)
- д.т.н., проф. Серета Б.П. (м. Кам'янське, Дніпровський державний технічний університет)
- д.т.н., проф. Сиза О.І. (м. Чернігів, Національний університет «Чернігівський колегіум ім. Т.Г.Шевченка»)
- д.т.н., проф. Смирнов І.В. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
- д.т.н., проф. Струтинський В.Б. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
- д.т.н., проф. Ступницький В.В. (м. Львів, Національний університет «Львівська політехніка»)
- д.т.н., проф. Тітов В.А. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
- д.т.н., проф. Тіхенко В.М. (м. Одеса, Національний університет «Одеська політехніка»)
- д.пед.н., проф. Ткач Ю.М. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)
- д.т.н., проф. Тонконогий В.М. (м. Одеса, Національний університет «Одеська політехніка»)
- д.т.н., с.н.с. Тристан А.В. (м. Черкаси, Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки)
- д.т.н., проф. Фальченко Ю.В. (м. Київ, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України)
- д.т.н., проф. Філоненко С.Ф. (м. Київ, Національний авіаційний університет)
- д.т.н., проф. Хавін Г.Л. (м. Харків, НТУ «Харківський політехнічний інститут»)
- д.т.н., проф. Цюцюра С.В. (м. Київ, Київський національний університет будівництва і архітектури)
- к.т.н., доц. Чередніков О.М. (м. Черкаси, Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки)
- д.т.н., доц. Чуприна В.М. (м. Черкаси, Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки)
- д.т.н., проф. Чухліб В.Л. (м. Харків, НТУ «Харківський політехнічний інститут»)
- д.т.н., проф. Цибуля С.Д. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)
- д.т.н., проф. Шахбазов Я.О. (м. Львів, Українська академія друкарства)
- д.т.н., проф. Шевченко О.В. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
- д.т.н., проф. Шинкаренко В.Ф. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
- д.т.н., проф. Широков В.В. (м. Львів, Українська академія друкарства)
- д.т.н., проф. Юдін О.К. (м. Київ, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка)
- д.т.н., проф. Яхно О.М. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)

*Організатори конференції висловлюють щирі подяку членам програмного комітету конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» за вагомий внесок в зростання авторитету і досягнення рівня найбільшої мультидисциплінарної міжнародної науково-практичної конференції України.*

**ЗМІСТ**

**СЕКЦІЯ 5**

**ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ.  
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

- Olexander Kostin<sup>1</sup>, Yurii Yaros<sup>2</sup>, Volodymyr Martynenko<sup>3</sup>** Methodology of a quantitative assessment of welding and technological characteristics of covered electrodes 22  
*<sup>1</sup>Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv*  
*<sup>2</sup>«AMITI» LLC, Mykolayiv*  
*<sup>3</sup>Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv*
- Volodymyr Biloborodchenko, Stanislav Biloborodchenko.** Cracking resistance of molybdenum-rhenium alloy for armatures of thermoelectric converters (TC) 24  
*Lviv Polytechnic National University, Lviv*
- Yurii Falchenko<sup>1</sup>, Oleh Novomlynets<sup>2</sup>, Iryna Nahorna<sup>2</sup>** Manufacturing method of a bismuth telluride-based thermoelement with copper switching 26  
*<sup>1</sup>E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv*  
*<sup>2</sup>Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv*
- Sergey Minakov, Yevgenia Chvertko, Nataliia Strelenko, Anton Minakov, Ivan Vdovychenko, Dmytro Vdovychenko.** Arc tig braze welding of weld art structures 27  
*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv*
- Oleh Haievskyy<sup>1</sup>, Viktor Kvasnytskyi<sup>1</sup>, Volodymyr Haievskyy<sup>1</sup>, Michal Szymura<sup>2</sup>** Accounting for possible displacements of the process adjustment center when determining the performance index 29  
*<sup>1</sup>National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv*  
*<sup>2</sup>Politechnika Śląska/Silesian University of Technology, Gliwice, Poland*
- Olha Zvirko, Volodymyr Kyryliv, Oleh Mokryi, Olha Maksymiv, Ivan Kurnat.** The effect of nanocrystallized surface on the tribological behavior of pearlitic steel 30  
*Karpenko Physico-Mechanical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv*
- Victor Holovko, Olha Shtofel** Fractal dimension of non-metallic inclusions in the weld metal structure 31  
*E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv*
- Дубовий О. М.<sup>1</sup>, Лебедєв В. О.<sup>2</sup>, Лой С. А.<sup>2</sup>** Застосування технології передрекристалізаційної термічної обробки для поліпшення результатів плазмового напилення 32  
*<sup>1</sup>Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв*  
*<sup>2</sup>Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон*
- Лебедєв В. О.** Напружено-деформований стан металу при механізованому електродуговому зварюванні-наплавці з імпульсними алгоритмами впливу 35  
*Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон*
- Лебедєв В. О.** Деякі способи реалізації адитивних технологій з використанням електродугових процесів 37  
*Дослідно-конструкторсько-технологічне бюро інституту електрозварювання імені Є.О.Патона НАН України, м. Київ*

- Дубовий О. М.<sup>1</sup>, Лебедєв В. О.<sup>2</sup>, Лой С. А.<sup>2</sup>** Підвищення ефективності теплозахисних покриттів при плазмовому напиленні за рахунок впливу на їх теплопровідність 40  
<sup>1</sup> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв  
<sup>2</sup> Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон
- Лебедєв В. О.<sup>1</sup>, Лой С. А.<sup>1</sup>, Макаренко Н.О.<sup>2</sup>** Основні та інноваційні способи зовнішнього періодичного впливу на розплав ванни та процес переносу металу при електродуговому механізованому зварюванні та інших процесах 43  
<sup>1</sup> Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон  
<sup>2</sup> Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ
- Лук'янченко Є.П., Майданчук Т.Б., Ілюшенко В.М., Бондаренко А.М.** Зварювання міді із застосуванням металопорошкового дроту 46  
*Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, м. Київ*
- Широкий Ю.В., Торосян О.В., Жидєєв П.Р.** Ефективність використання математичної моделі для опису генерації температурних полів 47  
*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», м. Харків*
- Берднікова О.М.<sup>1</sup>, Кушнарєва О.С.<sup>1</sup>, Алексеєнко Т.О.<sup>1</sup>, Газнюк Ю.С.<sup>1</sup>, Гурнік О.О.<sup>2</sup>** Вплив систем легування зварних швів на структуру та властивості зварних з'єднань сталі спеціального призначення 48  
<sup>1</sup> Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ  
<sup>2</sup> Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж інженерії та зв'язку НАУ», м. Київ
- Кушнарєва О.С., Берднікова О.М., Половецький Є.В., Алексеєнко І.І., Кушнарєва Т.М.** Модифікування поверхневих шарів швидкорізальної сталі іспульсно-плазмовою обробкою 50  
*Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, м. Київ*
- Фальченко Ю.В., Петрушинець Л.В., Федорчук В.Є., Пузрін О.Л., Алексеєнко І.І., Махненко О.О.** Дослідження впливу технологічних параметрів дифузійного зварювання в вакуумі на особливості формування з'єднань з магнієвого сплаву МА2 52  
*Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, м. Київ*
- Петрушинець Л.В., Фальченко Ю.В., Мельніченко Т.В., Федорчук В.Є.** Дослідження можливості застосування високоентропійного сплаву системи CrMnFeCoNi при дифузійному зварюванні у вакуумі сплаву EI437B 53  
*Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, м. Київ*
- Копилов В. І.<sup>1</sup>, Кузін О. А.<sup>1</sup>, Кузін М. О.<sup>2</sup>** Особливості формування розсіяних пошкоджень в нероз'ємних з'єднаннях рейок при термітному зварюванні 54  
<sup>1</sup> Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м.Київ  
<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів  
<sup>2</sup> Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз, м. Львів
- Максимова С. В., Воронов В. В., Ковальчук П. В.** Припої для вакуумного паяння алюмінієвих сплавів 55  
*Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, м. Київ*
- Гапонова О. П.<sup>1</sup>, Тарельник Н. В.<sup>2</sup>, Охріменко В.О.<sup>1</sup>** Вплив енергетичних параметрів і часу легування на якість алітованих покриттів, отриманих методом електроіскрового легування 57  
<sup>1</sup> Сумський державний університет, м. Суми  
<sup>2</sup> Сумський національний аграрний університет, м. Суми

- Бердник О.Ю., Майстренко А.А., Петрикова Є.М.** Вплив базальту різних родовищ на властивості поліетилену 59  
*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*
- Бурлака А.Ю., Говорун Т.П., Ханюков К.С., Варакін В.О., Масалітова К.І.** 61  
Застосування комп'ютерного моделювання процесів лиття деталей відцентрових насосів  
*Сумський державний університет, м. Суми*
- Нестеров О. А.** Опір росту корозійно-втомних тріщин у тривало експлуатованих 63  
сталях морських порталних кранів  
*Одеський національний морський університет, м. Одеса*
- Анісімов В.М.<sup>1</sup>, Анісімов В.В.<sup>2</sup>** Теплоізоляційні матеріали на основі піноматеріалів 64  
та зольних мікросфер придніпровської ТЕС  
<sup>1</sup> *Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро*  
<sup>2</sup> *Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро*
- Болотов Г.П., Болотов М.Г., Руденко М.М., Гречка В.В.** Технологічні 65  
особливості дифузійного зварювання у тліючому розряді  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Гончарук О.О., Ототюк О.С.** Вплив захисного середовища на статичну міцність 66  
зерен КНБ при лазерному опроміненні  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м.Київ*
- Гончарук О.О., Ототюк О.С.** Формування боросилікатних покриттів на сталях 68  
лазерним випроміненням  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м.Київ*
- Гончарук О.О., Ототюк О.С.** Способи підвищення ефективності застосування 70  
НТМ при лазерному формуванні абразивного інструменту  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м.Київ*
- Гончарук О.О., Ототюк О.С.** Підготовка та виготовлення КНБ-вмісного шару на 71  
абразивному інструменті  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м.Київ*
- Білобородченко В.І., Забранський А.Є.** Оцінка показників зварювання сплавів 73  
танталу для вузлів електронно-вакуумної техніки  
*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів*
- Мазанко В.Ф., Філатов О.В., Павлюк Я.О., Герцрікен Д.С., Богданов С.Є.** 75  
Створення ВЕС покриттів AlFeNiCoCuCr на сталі 3 методом електроіскрового легування (EIJ)  
*Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ*
- Герцрікен Д.С., Мазанко В.Ф., Зайцева Н.В.** Вплив меж зерен полікристалів та 77  
орієнтації монокристалів на розподіл прониклих атомів при імпульсній обробці металів  
*Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ*
- Єфімов М.О., Голубенко О.А., Чугунова С.І., Гончарова І.В.** Дослідження 79  
твердості та пластичності квазікристалічних покриттів системи Al – Cu – Fe при різних температурах  
*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ*
- Овчинников О.В., Капустян О.Є., Бабарикін І.С.** Підвищення ефективності 81  
процесу 3D-друку лазерних принтерів  
*Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя*

- Овчинников О.В., Капустян О.Є., Буліш С.О.** Оцінка можливості отримання сферичних порошків заданих фракцій спеціальних сплавів 82  
*Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя*
- Мітяєв О.А., Волчок І.П., Капустян О.Є., Петрашов О. С.** Комплексна технологія одержання якісних виробів з вторинної сировини 83  
*Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя*
- Осіпов М.Ю., Капустян О.Є., Бриков М.М.** Дослідження впливу легованості сталі- зв'язки та термічної обробки на зносостійкість карбідосталей з TiC 84  
*Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя*
- Молочков Д.Є., Куликовський Р.А.** Вплив відхилення дроту на нерівномірність поверхонь і механічні властивості тонкостінних деталей, вирощених методом WAAM 85  
*Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя*
- Гущин К.В., Зяхор І.В., Завертанний М.С., Самотрасов С.М., Наконечний А.О.** Застосування комбінованої проміжної вставки на етапі нагрівання опором при контактному стиковому зварюванні деталей з алюмінієвих сплавів 87  
*Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ*
- Зяхор І.В., Завертанний М.С., Гущин К.В., Левчук А.М., Шило Ю.А.** Особливості формування зони з'єднання при зварюванні тертям через локальний перехідний елемент 89  
*Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ*
- Антіпін Є.В., Зяхор І.В., Дідковський О.В., Кавуніченко О.В., Левчук А.М., Шило Ю.А.** Технологія контактного стикового зварювання оплавленням термічнозмцнених рейок 91  
*Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ*
- Кавуніченко О.В., Зяхор І.В., Антіпін Є.В., Дідковський О.В., Шило Ю.А., Левчук А.М.** Технологія контактного стикового зварювання оплавленням високо зносостійкої сталі 110Г13Л із сучасними рейковими сталями конверторного виробництва 93  
*Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ*
- Максимов С.Ю., Прилипко О.О., Шепелюк Ю.А.** Формування розподілу внутрішніх напружень при зварюванні під водою під впливом електромагнітного поля 95  
*Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, м. Київ*
- Єрьоменко О.В., Томіна А.-М.В., Фішман Б.С.** Порівняння показника абразивного стирання композитів на основі надвисокомолекулярного поліетилену 97  
*Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське*
- Сивак Р. І., Богатюк М. О., Веселовська Н.Р., Савків В.В., Залізник Р.О.** Розвиток експериментально-розрахункових методів визначення кінематичних характеристик при пластичній деформації пористих тіл 98  
*Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця*
- Пилипенко В.М.** Технологія безперервного формування плетільне-пултрузійним методом виробів із полімерних матеріалів 100  
*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ*
- Набережна О.О., Головка С.І., Кунцер В.А.** Термічна стійкість самоармованих органопластиків на основі фенілону 101  
*Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське*



- Лопата В.М.<sup>1</sup>, Солових Є.К.<sup>2</sup>, Катеринич С.Є.<sup>2</sup>, Солових А.Є.<sup>2</sup>.** Термомеханічні випробування теплозахисних покриттів на лопатках газових турбін. 102  
<sup>1</sup> Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ  
<sup>2</sup> Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
- Фролов О.М.<sup>1</sup>, Селіверстова С.Р.<sup>2</sup>, Селіверстов І.А.<sup>2</sup>** Дослідження розподілу домішок у дрейфових p-p-n транзисторах 103  
<sup>1</sup> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв  
<sup>2</sup> Херсонська державна морська академія, м. Херсон
- Лебедєва Н. Ю., Дрозд О. В., Гашицька О. М., Буренко Г. М.** Формування мідних пористих матеріалів з використанням виробничих відходів 105  
 Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв
- Лопата О.В.<sup>1</sup>, Калініченко В. І.<sup>2</sup>** Вибір товщини покриттів, створених газотермічним напиленням із послідувальною електродконтрактною обробкою за напружено-деформованим станом 107  
<sup>1</sup> Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ  
<sup>2</sup> Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України, м. Київ
- Олексієнко С.В.<sup>1</sup>, Ющенко С.М.<sup>1</sup>, Воробей О.М.<sup>1</sup>, Мартиненко В.О.<sup>2</sup>** Дугове наплавлення молібдену на графіт у вакуумі. 109  
<sup>1</sup> Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів  
<sup>2</sup> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв
- Данилейко О. О.<sup>1,2</sup>, Джемелінський В. В.<sup>1</sup>, Бернацький А. В.<sup>2</sup>, Лесик Д. А.<sup>2,3</sup>** Вплив дробоструминного зміцнення з наступним лазерним термозміцненням на якість поверхневого шару сталі 30ХГСА 111  
<sup>1</sup> Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ  
<sup>2</sup> Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, м. Київ  
<sup>3</sup> Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, м. Київ
- Лисенко О.Б.<sup>1</sup>, Калініна Т.В.<sup>1</sup>, Проноза В.В.<sup>1</sup>, Комок І.М.<sup>1</sup>, Удод А.М.<sup>2</sup>** Вплив лазерного поверхневого борування на структуру та властивості сталей 112  
<sup>1</sup> Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське  
<sup>2</sup> ТОВ «УНДКТІ «ДІНТЕМ», м. Дніпро

## СЕКЦІЯ 6

### СУЧАСНІ ЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ У БУДІВНИЦТВІ, АРХІТЕКТУРІ ТА ДИЗАЙНІ. ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ

- Maryna Kochevykh, Olha Honchar, Dmitriy Anopko, Liliya Kushnierova.** Features of using self-compacting concrete for landscape structures 114  
 Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv
- Olha Honchar, Maryna Kochevykh, Dmitriy Anopko, Liliya Kushnierova.** The use of raw materials for the implementation of the strategy of low carbon development 115  
 Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv
- Roksolana Oleskiv.** Combination of geodesic control methods of main gas pipelines and underground gas storages 116  
 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk
- Irina Mosicheva, Maria Kolodka, Olga Koval.** Experimental justification of the need to consider the effect of vertical sand drains colmatation during their device in weak water-saturated soils 117  
 Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

- Irina Mosicheva, Nick Stetsenko.** Development in time of settlements in a water-saturated soil base having creep properties during its pre-construction compaction with drains 119  
*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa*
- Винников Ю. Л.<sup>1</sup>, Харченко М. О.<sup>1</sup>, Марченко В. І.<sup>2</sup>, Кічасов О. С.<sup>2</sup>** Аналіз напружено-деформованого стану системи «Основа – Фундамент – Металевий силос» з урахуванням мінливості зовнішніх чинників 121  
<sup>1</sup>Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка», м. Полтава  
<sup>2</sup>ТОВ «НТП «АЛЬМАГРУП», м. Кременчук
- Хохрякова Д.О.** Аналіз вузлових з'єднань зовнішніх стінових PREFAB -панелей із ЛСТК 123  
*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*
- Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А., Сапунов А. О.** Рівень теплового комфорту в перехідний та літній період для приміщень з чутливими верствами населення 124  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Башинський О.В.** Аналіз НДС вогнезахищеної сталеві балки перекриття з врахуванням нелінійності 125  
*Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ*  
*ТОВ «ЛІРА-САІР», м. Київ*
- Молодід О.С., Мусіяка І.В., Бендерський С.О.** Потреба у відновленні будівельних конструкцій пошкоджених внаслідок позапроектних впливів 127  
*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*
- Шатрова І.А., Демидова О.О.** Визначення черговості забудови мікрорайонів містобудівними комплексами 128  
*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*
- Герасимов С.В., Чернявський О.Ю.** Моделювання траєкторій руху безпілотного летального апарату при дистанційному зондуванні землі 129  
*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків*
- Корнієнко І.В., Корнієнко С.П.** Уточнення статистичних показників інтенсивності автомобільного руху на основних магістралях та вулицях м. Чернігова станом на 2023 рік 131  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Завацький С.В., Павленко В.В., Землянська К.С., Кухаренко С.І.** Шедеври монументальної дерев'яної архітектури придесення: конструктивно-композиційні особливості втраченого храму вознесіння господнього в с. Березна 132  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Кужель І.С.** Нерозривний дует сьогодення – архітектура міст та рекреаційні зони 136  
*Асистент патентного повіреного, мистецтвознавець, м. Луцьк*
- Сахно Є.Ю., Терещук О.І., Коваленко С.В.** Використання сучасних інформаційних технологій для визначення координат об'єктів, що рухаються 137  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Скрипник В.Л.** Порівняння споживчих властивостей сумішей для самовирівнюючих підлоги на гіпсовій основі, які представлені на ринку України 139  
*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*
- Корзаченко М.М.** Інженерний захист підземних комплексів від впливу шкідливої дії води 140  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*

- Данич Д.І., Павліков А.М.** Випробування фіброзалізобетонних зразків колон за міцністю при косому стисканні 142  
*Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка», м. Полтава*
- Захарченко П.В., Назарчук Н.В.** Формування ринку стінових будівельних матеріалів України в сучасних умовах 144  
*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*
- Савченко О.В., Ітченко Д.М., Гаврик О.Ю.** Особливості застосування сталей сог-тен у архітектурі і дизайні середовища 146  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Гера О.В.** Документування екологічних злочинів на території України під час війни за допомогою матеріалів ДЗЗ 148  
*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ*
- Гоц В.І., Ластівка О.В., Мегеть В.С.** Ефективність використання порошкових лакофарбових матеріалів для захисту деревини 149  
*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*
- Прибитько І.О., Ганєєв Т.Р., Корзаченко М.М., Олексієнко С.В., Савченко О.В.** Проектування параметричних конструкцій за допомогою SKETCHUP 150  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Білик С.І., Білик А.С., Нужний В.В.** Загальна класифікація ударних навантажень на захисні споруди 151  
*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*
- Барбаш М.І.** Програми для автоматизованого розрахунку інсоляції та коефіцієнту природної освітленості 153  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*

## СЕКЦІЯ 7

### РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ. ЕЛЕКТРОНІКА. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА.

- Добровольська Л.Н., Собчук Д.С.** Аналіз автономних систем електрозабезпечення технологічних процесів у сільському господарстві 155  
*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*
- Трус І.М., Гомеля М.Д., Твердохліб М.М., Галиш В.В., Сіренко Л.В., Тараненко А.С.** Вилучення іонів важких металів з води при використанні іонного обміну 156  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Кузнєцов П.М., Бедункова О.О.** Сучасні підходи до здійснення антинакипної обробки технологічних вод оборотних систем охолодження електростанцій 158  
*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне*
- Оверченко Т.А., Іваненко О.І., Блінов Д., Бурячок А.** Оцінка ефективності інгібіторів корозії металів для водооборотних систем в комунальному господарстві 160  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Чоботько І.І.** Відходи вугільної промисловості – майбутні техногенні родовища 162  
*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро*

<b>Поповіченко К. О., Дубровська В. В., Шкляр В. І.</b> Аналіз використання сонячної комбінованої системи для навчальному корпусі в програмних середовищах PV-SOL та T-SOL	164
<i>Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i>	
<b>Хорольський А.О., Косенко А.В.</b> Результати імітаційного моделювання впливу технологічних параметрів на викиднебезпечність вугільних пластів	166
<i>Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, м. Дніпро,</i>	
<b>Закладний О.О.</b> Підвищення енергетичних показників електронавантажувачів	168
<i>Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i>	
<b>Омелич І. Ю.<sup>1</sup>, Непошивайленко Н. О.<sup>1</sup>, Корнієнко І. М.<sup>2</sup></b> Визначення водоохоронної зони р. Оріль з використанням геоінформаційних технологій	170
<i><sup>1</sup>Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське</i>	
<i><sup>2</sup>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>	
<b>Білоус І. Ю.<sup>1,2</sup>, Буяк Н. А.<sup>1</sup>, Овада Н. О.<sup>1</sup></b> Оцінка рівня теплового комфорту у приміщеннях з особливо чутливими людьми	171
<i><sup>1</sup>Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i>	
<i><sup>2</sup> Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ</i>	
<b>Єщенко О.І., Розумна Д.О.</b> Модернізація теплового пункту для підвищення енергоефективності систем теплоспоживання будинку	173
<i>Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i>	
<b>Квашук Ю.В.</b> Екологічні аспекти зарегульованості малих річок на прикладі басейну р. Мена	174
<i>Національний університет «Чернігівський колегіум» ім. Т.Г. Шевченка, м. Чернігів</i>	
<b>Кихтенко Я. В., Тимофєєв В. Є.</b> Лінійна технологія Френеля, як найбільш універсальний та екологічно – стійкий різновид концентрованої енергії	176
<i>Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ</i>	
<b>Москаленко О.М., Фешанич Л.І.</b> Розроблення автоматичної системи керування енергозабезпеченням промислового підприємства	178
<i>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Ів.-Франківськ</i>	
<b>Холява І.В., Фешанич Л.І.</b> Використання Belt press filter для зменшення вологості твердих матеріалів та економії ресурсів	180
<i>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Ів.-Франківськ</i>	
<b>Макєєва І. С., Гайдай І. О.</b> Синтез фотокаталізаторів на основі оксидів металів для очищення води	182
<i>Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ</i>	
<b>Сатюков А.І., Приступа А.Л., Кравченко А. О.</b> Вимірювання параметрів широкосмугових компонент НВЧ тракту	183
<i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>	
<b>Денисов Ю.О., Денисов Д. Ю.</b> Модель нечіткого регулятора контуру контролю температури ротору безколекторного двигуна	184
<i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>	
<b>Куць Н.Г., Мельничук М.Р.</b> Електричний транспорт та електромеханіка	186
<i>Луцький національний технічний університет, м. Луцьк</i>	
<b>Арсеньєв В. М., Король О. С., Шарапов С. О.</b> Вибір схемного рішення тепловикористального термотрансформатора на діоксиді вуглецю	188
<i>Сумський державний університет, м. Суми</i>	

- Шабанов Д. М.** Перспективи застосування високочастотних перетворювачів у радіоелектронній апаратурі 189  
*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Черкаси*
- Жук Д.О.<sup>1</sup>, Жук О.К.<sup>1</sup>, Козлов М.О.<sup>1</sup>, Степенко С.А.<sup>2</sup>, Воскобоєнко В.І.<sup>3</sup>** 191  
Спотворення напруг і струмів в мережі плавкрана з напівпровідниковими пропульсивними установками  
<sup>1</sup> *Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*  
<sup>2</sup> *Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*  
<sup>3</sup> *ТОВ НВП «ІНТЕР ЕЛЕКТРО», м. Миколаїв*
- Моргун Б.В.<sup>1</sup>, Білоусов О. С.<sup>2</sup>** Трансгенні рослини як ефективний засіб відновлення деградованих ґрунтів України для подальшого вирощування зернових культур 193  
<sup>1</sup> *Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАН України, м. Київ*  
<sup>2</sup> *Національний технічний університет «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Виноградов-Салтиков В.О., Левітан С.В.** Сучасні вимоги до децентралізованих вентиляційних систем 196  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Ігнатишин В.В.<sup>1,2</sup>, Ігнатишин А.В.<sup>1</sup>, Ігнатишин М. Б.<sup>1</sup>** Геодинамічний стан в закарпатському внутрішньому прогині в 2022 році: гідрогеологічний аспект 198  
<sup>1</sup> *Відділ сейсмічності Карпатського регіону, Інститут геофізики ім.С.І. Субботіна НАН України, м. Київ*  
<sup>2</sup> *Закарпатський угорський інститут ім.Ференца Ракоці II, м. Берегово, Закарпатська область*
- Кулик Б.І., Журко В.П., Чечуга П.В.** Забезпечення електропостачання модульних містечок для переселенців 200  
*Національний університет "Чернігівська політехніка", м. Чернігів.*
- Zakharchenko Dmytro, Stepenko Serhii, Yakushkin Tymofii.** Battery state of charge estimation as a component of complex quality assurance of the autonomous electric power system 202  
*Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv*
- Якушкін Т.В., Степенко С.А., Єршов Р.Д., Захарченко Д.С.** Особливості розробки моделей та основні джерела похибок при моделюванні фотоелектричних систем 204  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Kateryna Novyk, Serhii Stepenko, Anatoliy Prystupa, Oleksandr Hlushko.** Key performance indicators determining the quality of the photovoltaic systems 206  
*Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv*
- Бодунов В.М., Кулько Т.В.** Особливості розрахунку навантажувальних втрат активної електроенергії в розподільчих електричних мережах 208  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Oleksandr Hlushko<sup>1</sup>, Serhii Stepenko<sup>1</sup>, Kateryna Novyk<sup>1</sup>, Dmytro Zhuk<sup>2</sup>.** Energy efficiency as key component in the complex quality assurance of the photovoltaic system 209  
<sup>1</sup> *Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv*  
<sup>2</sup> *Mykolaiv National University of Shipbuilding, Mykolaiv*
- Левченко Н.М.<sup>1</sup>, Шишканова Г.А.<sup>1</sup>, Левченко С.А.<sup>2</sup>** Розвиток підприємств енергетики в контексті «зеленої трансформації» 211  
<sup>1</sup> *Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя*  
<sup>2</sup> *Відділ супроводження інформаційних систем Управління інформаційних технологій ГУ ДПС у Запорізькій області*



- Вакал В.С., Зеленський А.М., Вакал С.В.** Одержання біовугілля з торфу 212  
*Науково-дослідний інститут мінеральних добрив і пігментів Сумського державного університету, м. Суми.*
- Говоров П.П.<sup>1</sup>, Говоров В.П.<sup>2</sup>, Кіндінова А.К.<sup>1</sup>** Підвищення ефективності систем електропостачання та освітлення міст 213  
<sup>1</sup> *Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків*  
<sup>2</sup> *Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків*
- Serhii Stepenko, Anatoliy Prystupa, Volodymyr Kazymyr, Anatoliy Revko, Andrii Rogovenko.** Development of energy efficient power supply systems for multicopter drones 215  
*Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv*
- Пристая О.Д.<sup>1</sup>, Гончар І.М.<sup>2</sup>** Теплогенератор та система циркуляції повітря в сушильній камері для сушки колотих букових дров 217  
<sup>1</sup> *ТОВ «Біоенерготехнології», м. Львів*  
<sup>2</sup> *Національний лісотехнічний університет України, м. Львів*

## СЕКЦІЯ 8

### ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ. КІБЕРБЕЗПЕКА. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ.

- Yury Polukarov, Olena Zemlyanska, Nataliia Kachynska, Oleksiy Polukarov, Nataliia Prakhovnik.** Main aspects of cyber security and its place in educational institutions 219  
*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv*
- Taras Terletsnyi<sup>1</sup>, Oleh Kaidyk<sup>1</sup>, Larysa Pylypiuk<sup>1</sup>, Yurii Derdiy<sup>1</sup>, Anatoliy Prystupa<sup>2</sup>** Advantages and disadvantages of using tensometric sensors in security information systems 221  
<sup>1</sup> *Lutsk National Technical University, Lutsk*  
<sup>2</sup> *Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv*
- Kostiantyn Taratuta, Sergii Vostotskyi, Volodymyr Chyrkov.** Data exchange between engineering 3D modeling programs 222  
*Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia*
- Andrii Yarmilko, Inna Rozlomii, Serhii Naumenko** Robust communication clusters: secure information exchange and redundant hashing for third-party inclusions localization 224  
*Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy*
- Svitlana Tsiutsiura, Andrii Yerukaiev** Protection of information in assessing the factors of influence 226  
*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*
- Морозова І.В., Корчан В.М.** Математична модель системи розлюції 228  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Розломій І.О., Воєводін Є.В.** Проблема ретроспективного декодування даних: огляд методів захисту інформації на базі квантових технологій 229  
*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси*

- Буриченко М.Ю., Іванець О.Б., Архирей М.В., Корчемний М.С., Шевченко Т.Р.** 231  
Оптимізація функцій на основі методів встановлення інтервалів невизначеності  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Давиденко А.М.<sup>1</sup>, Висоцька О.О.<sup>2</sup>, Суліма О.А.<sup>1</sup>** Тестування згорткової нейронної 233  
мережі при розпізнаванні зображень обличчя  
<sup>1</sup> *Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ*  
<sup>2</sup> *Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Безвесільна О.М., Нечай С. О., Толочко Т.О.** Основні показники якості 235  
стабілізатора  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Безвесільна О. М., Нечай С. О., Толочко Т. О.** Покращення технічних 237  
характеристик стабілізатора  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Джала Р.М., Вербенець Б.Я., Джала В.Р., Мельник М.І.** Оперативний контроль 239  
ізоляції підземних трубопроводів  
*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів*
- Пантелєєва Н.М., Хуторна М.Е., Чередніков О.М., Андрієнко О.В., Шевченко 240  
Д.Т.** Переваги та недоліки багатокритеріальної моделі оцінювання льотного  
обмундирування  
*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та  
військової техніки, м. Черкаси*
- Копей В.Б., Букатка Ю.С.** Макрос SolidWorks для параметричних досліджень і 242  
оптимізації конструкції з можливістю обчислення коефіцієнта запасу втомної  
міцності  
*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-  
Франківськ*
- Цюцюра М.І., Гончаренко Є.О.** Розробка бази даних інформаційної системи 244  
документообігу «канцелярія-факт»  
*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*
- Меус О.С., Кайдик О.Л., Кошелюк В.А., Терлецький Т.В., Савич М.В.** Про 246  
структурні підходи до ідентифікування об'єктів доступу та їх недоліки  
*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*
- Мелешко Є.В., Дрєєва Г.М., Дрєєв О.М., Якименко М.С.** Програмна імітаційна 248  
модель комп'ютерної мережі та дослідження залежності між ймовірністю втрати IP-  
пакетів та значенням фрактальної розмірності трафіку  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*
- Ткачук Р.О., Шуліка Я.П., Шимко С.В., Мелешко Є.В.** Дослідження методів 250  
застосування нейронних мереж для виявлення кіберзагроз при аналізі мережевого  
трафіку  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*
- Костюк Ю.В., Степашкіна К.В.** Моделювання інтелектуальних систем управління 252  
захистом інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах  
*Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*
- Данило О.М., Фешанич Л.І.** Створення нечіткої нейронної мережі для 254  
прогнозування зміни продуктивності відцентрового нагнітача  
газоперекачувального агрегату  
*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Ів.-Франківськ*

- Савченко Т.В., Власенко Л.О., Васильєва В.Ю.** Квантове шифрування даних як метод захисту від несанкціонованого доступу 256  
*Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*
- Савченко Т.В., Шевченко С.В.** Технології та методи захисту від російської кіберагресії 258  
*Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*
- Єщенко О.І., Єщенко С.О.** Автономна енергосистема приватного житлового сектору 260  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Клим В.Ю.<sup>1</sup>, Катан В.О.<sup>2</sup>** Математичне моделювання кіберохорони об'єктів критичної інфраструктури із застосуванням системи дронів 262  
<sup>1</sup> *Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро*  
<sup>2</sup> *Дніпровський національний університет імені О. Гончара, м. Дніпро*
- Клим В.Ю.<sup>1</sup>, Жульковська І.І.<sup>1</sup>, Жульковський О.О.<sup>2</sup>** Питання управління доступом в інформаційних системах електронного уряду під час надзвичайних ситуацій 264  
<sup>1</sup> *Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро*  
<sup>2</sup> *Дніпровський державний технічний університет, м. Дніпро*
- Пастернак В. В., Сватко А. В.** Розробка скриптів для автоматизації з використанням мови програмування Python 266  
*Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк*
- Рзаєва С. Л.<sup>1</sup>, Рзаєв Д. О.<sup>2</sup>, Ковальова Л. І.<sup>1</sup>** Основні складові безпеки сховища даних та методи захисту 268  
<sup>1</sup> *Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*  
<sup>2</sup> *Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, м. Київ*
- Марчук Д.К., Граф М.С.** Види архітектур нейронних мереж для вирішення задач комп'ютерного зору 270  
*Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир*
- Павлов О.А., Головченко М.М., Дрозд В.В.** Синтетичний метод побудови багатовимірної поліноміальної регресії 272  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Овечкіна А.О.** Автоматизоване рішення для оцінки та ремонту поломок обладнання 273  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Ковальчук В.І.** Виявлення антитіл до людського лейкоцитарного антигену (HLA) за допомогою мультиплексного аналізатора 275  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Дмитрина А.В.** Алгоритм покращення оцінювання варіабельності серцевого ритму 276  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Гладка Т.А.** Перспективи використання автоматизованих технологій для оцінки якості зображень комп'ютерної томографії 277  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Туманова Ю.В.<sup>1</sup>, Васіліщенко М.М.<sup>1</sup>, Черняк О.В.<sup>2</sup>** Удосконалення змісту дисципліни «Інформаційні системи і технології» 278  
<sup>1</sup> *Відокремлений структурний підрозділ «Класичний фаховий коледж» Сумського державного університету, м. Конотоп*  
<sup>2</sup> *Технологічний відділ цеху обробки гільз ТОВ «Мотордеталь-Конотоп», м. Конотоп*

- Жирова Т.О., Котенко Н.О.** Використання чату GPT в тестуванні доступності вебдодатків 280  
*Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*
- Андрушко А.М., Кузнецов В.О., Аркушенко П.Л., Андрушко М.В.** Аналіз особливостей визначення просторового положення повітряних об'єктів за результатами траєкторних вимірювань 281  
*Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Черкаси*
- Тертишнік Є.М., Мішок А.А.** Розгляд можливих шляхів застосування технології IoT для потреб збройних сил України аналіз переваги та небезпек 283  
*Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Черкаси*
- Калюжна В.В.** Метод аналізу спектральних характеристик для прогнозування змін параметрів ґрунту 285  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Власенко Л.О., Тютюн А.В.** Штучний інтелект як засіб підвищення якості освіти людей з обмеженими можливостями 287  
*Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*
- Криворучко О. В., Шестак Я. І., Захаров Р. Г.** Моделювання системи інформаційної інфраструктури діяльності закладу вищої освіти 289  
*Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*
- Красько Б. В., Грицюк П. М.** Огляд сучасних методів масштабування ресурсів в хмарних середовищах 291  
*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне*
- Золотенкова Т. С.** Аналіз рекурентних діаграм для виявлення хвороби Альцгеймера на ранніх стадіях 293  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Роговенко А. І.** Принципи побудови апаратного забезпечення системи охоронних БПЛА 294  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Івасів І. Б., Червінка Л. Є., Червінка О. О.** Кластеризація характеристик сигналу дифузного відбивання світла для оцінювання розміру поверхневих мікрodefектів Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів 296
- Юхимець Б. С.** Веб-доступність для людей з особливими потребами 298  
*Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, м. Київ*
- Сторчак А.С., Самойлов І. В.** Використання OSINT-технології в сучасних сервісах 300  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Соловей О.Л.<sup>1</sup>, Соловей Б.А.<sup>2</sup>** Включення інформаційного критерію Басса в математичну модель вибору оптимального набору ознак 301  
<sup>1</sup> *Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*  
<sup>2</sup> *Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Кучеренко В.Л., Медведський В.С.** Критерій зародження несправності як чинник якості прогнозування технічного стану медичних виробів 303  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Макоєдова В.О.** Каузальна модель подання заяви на вступ до закладу вищої освіти 304  
*Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*

- Іванець О.Б.** Оцінювання функціонального стану операторів в умовах невизначеності 306  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Сугоняк І.І., Кривонос О.П., Праздніков В.О.** Моделі та методи машинного навчання у прогнозі продажів 307  
*Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир*
- Казимиренко Ю. О., Гайдаєнко О. В., Нестеров О. О., Бабічев Р. С.** Інформаційні технології та розробка мультимедійних засобів для наукових досліджень з матеріалознавства 309  
*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*
- Вітковська І. І., Русановський Д. Д., Рябко О. В.** Застосування інтернету речей (IoT) в енергетичному секторі 311  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Ковальчук П.Р., Морозова І.В.** Оцінювання потенційних загроз інформаційній безпеці в системах телекомунікацій: різноманітні методи 313  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Сібрук Л.В., Іванець О.Б., Торубара Р.Р.** Особливості оцінювання ризиків освітньо-професійної програми «електронні прилади та пристрої» 315  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Глушко С.О.** Використання PERT для підвищення ефективності розробки програмного забезпечення в аутсорс моделі співпраці 317  
*Харківський національний економічний університет, ім. С. Кузнеця, м. Харків*
- Турченко К.В., Бабич Ю.І., Бабич М.І.** Сучасні проблеми онлайн сервісів пошуку та продажу квитків на залізничний транспорт 318  
*Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса*
- Івановський О.А.** Використання машинного навчання з сучасними САПР системами 319  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Юзефович Р.М.<sup>1,2</sup>, Яворський І.М.<sup>1,3</sup>, Стецько І.Г.<sup>1</sup>, Стецько І.Я.<sup>1</sup>** Вібродіагностична система «Компакт-вібро» для визначення технічного стану обертових механізмів 321  
<sup>1</sup> *Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів*  
<sup>2</sup> *Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів*  
<sup>3</sup> *Бидгоцька політехніка, Бидгощ, Польща*

## СЕКЦІЯ 9

### ЕКОНОМІЧНІ, ПРАВОВІ ТА СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ. ПРОБЛЕМИ ОСВІТИ.

- Москаленко В. В.** Ідентичність особистості як проекція її світогляду (в контексті тенденцій наукової спадщини Київської школи філософії культури) 322  
*Інститут психології імені Г.С. Костюка НАПН України, м. Київ*
- Sydorko I.I.<sup>1</sup>, Baitsar R.I.<sup>2</sup>** Management of the quality of services in clinical diagnostics 323  
<sup>1</sup> *State enterprise "Lviv Research and Production Center of standardization, metrology and certification", Lviv*  
<sup>2</sup> *Lviv Polytechnic National University, Lviv*



<b>Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А.</b> Сучасне виробництво продукції <i>Луцький національний технічний університет, м. Луцьк</i>	325
<b>Савенко В.І., Ключова В.В., Нестеренко І.С.</b> Системний підхід на діалектичній основі до аналізу організацій <i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>	327
<b>Ромашко А.С., Шишкін В.М., Кравець О.М.</b> Пошук стандартів для конкретної продукції <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i>	329
<b>Попик О.В.</b> Інформаційні технології та рішення в розбудові систем управління якістю підприємства <i>ГО «НДЦ «ЕКОПРОЕКТ», м. Чорноморськ</i>	331
<b>Мощенко І.О., Нікітенко О.М., Козлов Ю.В.</b> Застосування систем комп'ютерної математики для реалізації інструментів управління якістю в освітньому процесі <i>Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків</i>	333
<b>Кравченко В. І.</b> Моделювання бізнес-процесу менеджера пральні <i>Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ</i>	334
<b>Ємельянова О.М., Титок В.В.</b> Шляхи підвищення конкурентоспроможності будівельної організації <i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>	335
<b>Ємельянова О.М., Пилипчук О.Д.</b> Кадрова стратегія як елемент системи управління персоналом <i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>	337
<b>Лебідь Є.М., Лужанська Н.О., Лебідь І.Г.</b> Оцінка впливу логістичного консалтингу на ефективність виконання зовнішньоторговельних операцій <i>Національний транспортний університет, м. Київ</i>	338
<b>Калита П.Я.</b> Менеджмент «по українськи»: помилки, виправлення яких сприятиме розвитку й удосконаленню вітчизняних технологій <i>Українська асоціація досконалості та якості, м. Київ</i>	340
<b>Шабардіна Ю.В., Хоменко О.Б.</b> Законодавче регулювання діяльності у сфері інформаційних технологій <i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>	341
<b>Фігорнюк О.В., Мельник В.Б.</b> Модулі оцінки відповідності технічних систем <i>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>	343
<b>Бондаренко Н. М., Пурсакова І. Д.</b> Контроль та облік основних засобів в умовах воєнного стану <i>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м.Дніпро</i>	345
<b>Грищенко О.В.</b> Актуалізація забезпечення якості внутрішнього аудиту <i>Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв</i>	347
<b>Кичма Р.Я., Шабардіна Ю.В., Киселиця С.В.</b> "Гемба" як інструмент бережливого виробництва для підвищення ефективності діяльності вітчизняних підприємств <i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м.Чернігів</i>	349
<b>Радько О.В.<sup>1</sup>, Радько М.О.<sup>2</sup></b> Стандартизація термінології у галузі безпілотних авіаційних систем (комплексів)	350

<sup>1</sup> Національний університет оборони України ім. Івана Черняховського, м. Київ

<sup>2</sup> Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ

- Шостак О.С., Денисова Н.М.** Особливості функціонування системи управління охороною праці під час воєнного стану 352  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Труш М.В., Денисова Н.М.** Основні шкідливі та небезпечні фактори на робочих місцях з ПЕОМ 353  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Мозгова Н.А.** Проблематика соціально-психологічної адаптації учасників бойових дій. Бойова психічна травма. 355  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Хохотва О.П., Ковальова О.В.** Хімічний лізинг як інноваційна бізнес-модель для зниження споживання хімічних речовин у промисловості 357  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*

**СЕКЦІЯ 5**  
**ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ.**  
**МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

UDC 621.791.037/011

**Olexander Kostin, Cand. of Technical Sciences, Senior lecturer**  
Admiral Makarov National University of Shipbuilding, kostin.weld@gmail.com

**Yurii Yaros, Cand. of Technical Sciences**  
«AMITI» LLC Mykolayiv, yaros.amity.mk.ua@gmail.com

**Volodymyr Martynenko, Cand. of Technical Sciences, Senior lecturer**  
Mykolayiv National Agrarian University, martynenko@mnaeu.edu.ua

**METHODOLOGY OF A QUANTITATIVE ASSESSMENT OF WELDING AND  
TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COVERED ELECTRODES**

The main parameters of the welding mode, which are traditionally used to assess the stability of mass transfer, are the duration of the short circuit of the arc gap ( $\tau_{s.c.}$ , ms), the cycle duration - the period of formation and transfer of the drop ( $T_{s.c.}$ , ms), current value (maximum -  $I_{max}$  and minimum -  $I_{min}$ , A); current rise rate ( $V_{rise} I_w$ . та  $V_{drop} I_w$ , A/s) [1, 2]. In addition, for example, in publication [3] the authors propose to use as a criterion of stability the standard deviations of the duration of the short circuit ( $\sigma \tau_{s.c.}$ ) and their frequency ( $\sigma T_{s.c.}$ ), while the authors of publications [2, 3] speak of rms deviation of the amplitude value of the current ( $\sigma I_w$ ), short-circuit current ( $\sigma I_{w,max}$ ) and the coefficient of variation of the rate of increase in the short-circuit current ( $K_v I_{w,max}$ ). Thus, there is no single standardized methodology for determining the stability of the welding process and the choice of research methodology depends on the parameters of the object of study.

First, it should be noted that the vast majority of certified electrodes have a basic type of coating. Arc burning for this type of covering occurs exclusively with short-circuits of the arc gap. In this regard, our work studies the stability of the welding process with electrodes with the main type of coating. Based on the analysis of existing relevant publications and previous research, we have selected the following criteria for assessing the stability of the mass transfer process: the average frequency of short circuits –  $f_{av.}$ ; standard deviation of the frequency of short circuits -  $\sigma$ ; coefficient of variation of the frequency of short circuits -  $K_v f = \sigma / f_{av.}$ ; the estimated mass of the drop, defined as the physically obvious ratio of the mass melting rate to the mass transfer frequency  $m_{av.} = dM / f_{av.}$ .

The calculated mass of the drop is necessary for comparison with the critical mass of the drop  $m_{dr.}$ , which constitutes one of the limiting criteria for assessing the stability of the process. The authors took as the critical mass the mass of the drop with a diameter equal to the diameter of the electrode (for example, for an electrode with a diameter of 4 mm  $m_{dr.} = 0.26$  g.). Thus, the first condition of the process stability is inequality  $m_{av.} < m_{dr.}$ .

The given statistical markers of mass transfer (short circuits) characterize the stability of the process; however, they do not fully determine the convenience and quality of welding. All previous researchers have noted the importance of increasing the frequency and decreasing the weight of the drop for improving the convenience and quality of welding [1-4]. In this regard, considering that the average frequency of short circuits cannot be completely objective for comparison since it varies within the limits described by the coefficient of variation, our work for the first time introduces a new indicator - the critical mass transfer frequency, which equals to the difference between the mean frequency and the standard deviation of frequency –  $f_{dr.} = f_{av.} - \sigma$ . Accordingly, under such conditions the formation of drops with an average maximum size is possible  $m_{max} = dM / f_{dr.}$ , which can be further taken into account for comparison with the critical mass of the drop  $m_{dr.}$ .

The reliability of the obtained results depends on the methods of their gathering and processing. In this regard, we performed the measurement and recording of electrical parameters as well as their statistical characteristics using a measuring system PicoScope 4444 and PicoScope 6 software. They allow to automatically determining the arithmetic mean and standard deviation of the welding current and voltage and additionally the mass transfer frequency.

The effectiveness of medodika was tested on the products of PJSC "PlasmaTech". Traditionally, a mixture of iron powders PZHRV 2.200.28 (TU 14-1-5365-98) and DIP 400 30W (EN 10204 3.1) was used for the production of UONI-13/55 "PLASMA" electrodes at the company's enterprises. After purchasing of a set of equipment at Atomising System Ltd. (England), it became possible to produce iron powder of its own production. Welding was performed in the lower position in the following modes: welding current - 160A, arc voltage - 24V, welding speed - 14cm / min. Characteristic oscillograms are shown in Fig. 1. The obtained average indicators of stability criteria of electrode melting in the given welding conditions are provided in Table 1.

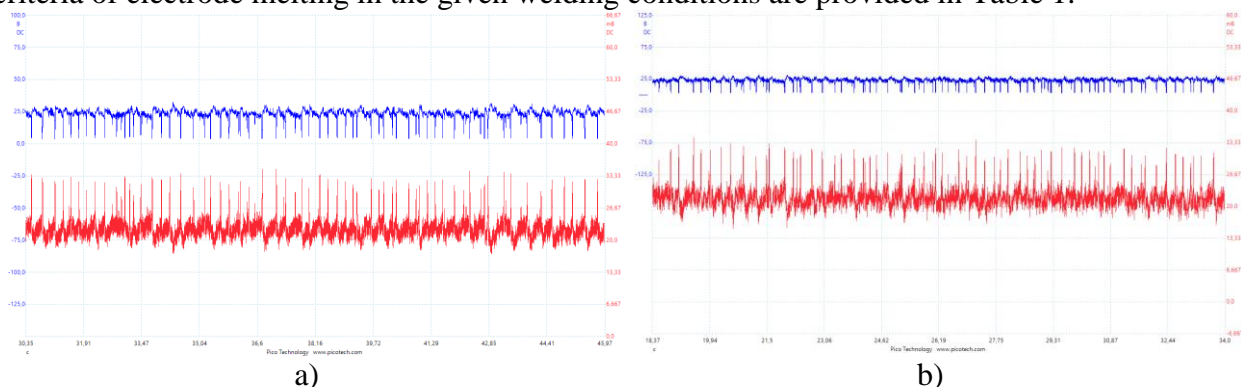


Fig. 1. – Oscillogram of current (75mV = 500A) and arc voltage during welding: a) – traditional technology; b) – advanced technology.

Table 1 – Criteria for the stability of welding process

Electrode manufacturing technology	Average frequency, $F_{av.}$ , Hz	Critical frequency, $F_{dr.}$ , Hz	Coefficient of variation, $K_{vf.}$ , %	Average drop mass, $M_{av.}$ , gr	Critical drop mass, $m_{max.}$ , gr
traditional	3.7	3.53	6.2	0.161	0.168
advanced	4.14	3.92	5.3	0.148	0.156

Welding with electrodes that contain optimized iron powder of own production in the coating allows to significantly increase the stability of the process and increase the frequency of mass transfer. In absolute units, the average mass transfer rate increased by 10.6%, the critical mass transfer rate increased by 9.9%, and the coefficient of variation decreased from 6.2% to 5.3%. Characteristically, the average drop weight decreased by 8.1%, moreover the maximum average drop weight (0.156 g) is less than the average drop weight (0.161 g) for traditional electrode manufacturing technology, which is a significant positive effect and allows to improve considerably the welding and technological properties of the electrodes and improve the quality of welding in general.

The proposed method of estimating the criteria for stability of the welding process with covered electrodes with the main type of coating (mean frequency of short circuits, standard deviation of short circuit frequency, coefficient of variation of short circuit frequency, estimated average drop weight and, in addition, the critical average frequency of short circuits) allows assessing quantitatively and with high reliability the stability parameters of the welding process.

### References

1. Lankin Y. Indicators of stability of the gmaw process / Yu Lankin // The Paton Welding Journal. – 2011. – No. 1. – P. 6–13.

2. Investigation of the stability of melting and electrode metal transfer in consumable electrode arc welding using power sources with different dynamic characteristics [Electronic resource] / Yu N. Saraev [et al.] // *Welding International*. – 2017. – Vol. 31, no. 10. – P. 784–790.

3. Complex for investigation of arc welding processes [Electronic resource] / Yu N. Saraev [et al.] // *The Paton Welding Journal*. – 2018. – Vol. 2018, no. 8. – P. 13–21

4. Ślązak B. Analysis of instantaneous values of current and voltage parameters in the evaluation of process stability of shielded electrode welding [Electronic resource] / Benedykt Ślązak // *Welding International*. – 2015. – Vol. 30, no. 1. – P. 33–37.

UDC 536.532.002.2

**Volodymyr Biloborodchenko, Cand. of technical science**  
**Stanislav Biloborodchenko, Master's student**

Lviv Polytechnic National University, volodymyr.i.biloborodchenko@lpnu.ua

### **CRACKING RESISTANCE OF MOLYBDENUM-RHENIUM ALLOY FOR ARMATURES OF THERMOELECTRIC CONVERTERS (TC)**

Industrial thermoelectric converters (TC) of the immersion type work in conditions of a large gradient of shock measured temperatures, mechanical, chemical and, in some cases, radiation influence of an aggressive environment [1].

The structural element of the TC is the protective fitting, which has high requirements: a) ensuring the specified accuracy of temperature measurement in a certain interval with minimal inertia in relation to the heat flow; b) mechanical strength at thermal shocks; c) exclusion of direct contact of thermoelectrodes with the controlled environment (hermeticity and gas tightness); d) lack of influence of the armature material on the electrodes; e) sufficient operating resource; g) acceptable technological processing [2].

Molybdenum is used as an armature material for high-temperature TCs operating in environments up to 2000<sup>0</sup>C. Unlike the rest of the refractory metals, it has a number of positive properties that are acceptable for ensuring the workability of the structure: high melting point and modulus of elasticity, low coefficient of thermal expansion, high indicators of thermal resistance and thermal conductivity, small cross-section of thermal neutron capture. However, in the process of operation, the material of the armature is recrystallized, starting from the contact surface with the environment. Further grain growth into the depth of the armature wall depends on the intensity of thermal shocks and the metallurgical purity of molybdenum [3].

The combined effect of thermo-mechanical stresses and structural unevenness contribute to the manifestation of molybdenum's typical disadvantages - a tendency to crack formation and brittleness.

The main technological measures to improve the mechanical properties of reinforcement are riveting (rolling) and recrystallization heat treatment, as well as alloying, mainly to ensure technological and operational plasticity.

The promising alloy Mo+Re (3.5%) was studied for the resistance to crack formation in the material after rolling, as well as after heat treatment by annealing ( $T_{\text{annealing}}^0 = 1200...2000^0\text{C}$ ; step 200<sup>0</sup>C; holding time  $t_{\text{annealing}} = 1\text{h}$ ) under mechanical loading at a constant speed ( $v = 69 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ ) at the temperature of the external environment ( $T_{\text{testing}}^0 = -50...200^0\text{C}$ ). The tests were carried out on samples measuring 48·8·2mm along the rolling line along the longer side with a 4·0.2 mm notch; the IMASH-20-75 installation.

J(Jc) is the integral and stress intensity factor KQ(KQc), which were calculated according to GOST-25.506-85 methods, [4] (Fig. 1, 2).

The results of the research show that in the temperature range (-50...+20<sup>0</sup>C) the fracture energy is spent only on the nucleation of the crack with the subsequent one-moment decay of the sample, and at temperatures higher than +20<sup>0</sup>C part of the energy is spent on the growth of the crack, which

is typically manifested on samples that have received annealing  $T^0_{\text{annealing}} = 1600^{\circ}\text{C}$ . it is also noted that at  $T^0_{\text{testing}} = 200^{\circ}\text{C}$ , the fracture is accompanied by significant plastic deformation of the crack tip. The latter violates the requirements of the theory of linear fracture mechanics for the correct determination of the  $K_Q$  coefficient according to the deformation diagram ( $P_{\text{max}}/P_Q=1.61$ ).

In general, according to the criteria  $J(J_c, J_{c1})$  and  $K_Q(K_{Qc})$ , it is possible to testify: a) for the material after rolling, as well as annealed at temperatures of  $1200\dots1600^{\circ}\text{C}$  at a test temperature of  $+200^{\circ}\text{C}$ , the value of  $J_c$  - the integral is statistically significant at the same level of  $440\dots460 \text{ kN/m}$ , and at higher annealing temperatures ( $1800\dots2000^{\circ}\text{C}$ ) it sharply decreases.

The same regularities are inherent in the values of the  $K_{Qc}$  - coefficient.

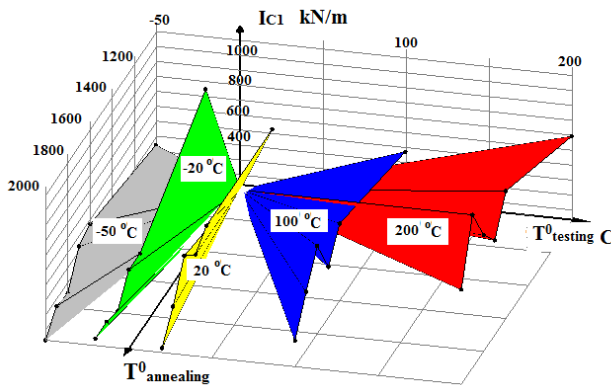


Fig. 1 – The response surface of the change in the value  $J_{c1}$  – the integral of the evaluation of crack resistance due to the combined effect of temperature factors: annealing temperature ( $T^0_{\text{annealing}}$ ) and test temperature ( $T^0_{\text{testing}}$ )

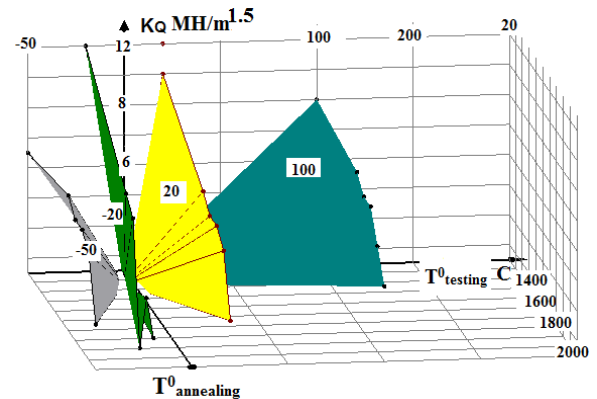


Fig. 2 – The response surface of the change in the value of  $K_Q$  – the stress intensity factor due to the combined effect of temperature factors: annealing temperature ( $T^0_{\text{annealing}}$ ) and test temperature ( $T^0_{\text{testing}}$ )

The mechanical properties change as follows: with an increase in the annealing temperature, the strength decreases, and the plasticity remains within acceptable limits of  $10\dots14\%$ ; b) at a test temperature of  $100^{\circ}\text{C}$ , the material annealed at  $1600^{\circ}\text{C}$  with high mechanical properties has the maximum resistance to destruction, and the worst values of  $J_c$  - the integral correspond to the material annealed at  $2000^{\circ}\text{C}$ ; c) at a test temperature of  $200^{\circ}\text{C}$ , the best indicators of  $J_c$  - the integral and the  $K_Q$ - coefficient correspond to the samples annealed at  $1200^{\circ}\text{C}$  and  $1800^{\circ}\text{C}$ . And for samples that have undergone annealing at  $1400^{\circ}\text{C}$  and  $2000^{\circ}\text{C}$ , the crack resistance is of the same order as that of the material after rolling; d) in the region of negative temperatures, in all variants of sample preparation (mechanical and thermal), the fracture is brittle with insignificant indicators of  $J_c$  - the integral and the  $K_Q$  - coefficient; mechanical properties deteriorate with increasing annealing temperature. Acceptable for such external temperature conditions is an alloy after mechanical processing (rolling), as well as one that had annealing no higher than  $1200\dots1400^{\circ}\text{C}$ ; e) annealing of  $2000^{\circ}\text{C}$  is unacceptable for the entire investigated temperature range  $T^0_{\text{testing}} = -50\dots200^{\circ}\text{C}$ , and the choice of annealing temperature is correlated with the operating conditions of the armature according to the indicators of crack resistance and mechanical properties.

## References

1. F. R. Caldwell. Thermocouple Materials National Bureau of Standards. Monograph 40 Issued March 1, 1962. Reprinted with corrections, February 1969. P43.
2. Kurytnyk I.P., Biloborodchenko V.I., Bolshakov M.V. Modern technologies for the manufacture of thermocouples. TC-6. "Instruments and devices for control and regulation of technological processes". M.: 1990.-40 p.
3. Savitsky E.M., Burhanov G.S. Metallurgy of alloys of refractory and rare metals. Science, 1971, 354p.
4. Kovalevsky V.N., Sagarda E.V., Zhuk A.E., Senchenko H.M. experimental definition and numerical calculation of the fracture viscosity criterion ( $J$  – integral). Bulletin of BNTU, No. 2, 2005. P. 34-37.



UDC 621.791

**Yurii Falchenko, Doctor of Technical Sciences**  
E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine  
**Oleh Novomlynets, Doctor of Technical Sciences, Professor**  
**Iryna Nahorna, Assistant Lecturer**  
Chernihiv Polytechnic National University, [zavalnaya89@gmail.com](mailto:zavalnaya89@gmail.com)

## MANUFACTURING METHOD OF A BISMUTH TELLURIDE-BASED THERMOELEMENT WITH COPPER SWITCHING

Modern advanced areas of practical use of thermoelectric converters demand that scientists develop a manufacturing method for a bismuth telluride-based thermoelement with copper switching, that would improve the performance parameters of thermoelectric modules.

Today, there are various technical solutions for thermoelement branches switching. Among the well-known technical solutions is [1] a method of thermoelements switching, which includes vacuum deposition of a high-temperature component of the *BiSb*-based switching layer on the thermoelements' branches. The study proposes the switching of thermocouples based on ternary alloys *BiTeSe* and *BiTeSb* in vacuum with tin-tinned copper conductors, including the operation of *BiSb* deposition and reactive brazing. However, such methods of thermoelement switching have disadvantages and cannot fully satisfy the quality requirements for joints of semiconductor material with a switching plate [2].

The current problem is solved by manufacturing of thermoelectric modules, in which liquid interlayers are used to weld the branches of the thermoelement. Such liquid interlayers allow to activate the contact surface, to equalize the welding pressure and to reduce the welding temperature. Gallium, which actively interacts with many metals with the formation of intermetallics, can be used as such a layer. The method of thermoelectric module branch manufacturing is carried out as follows.

The first step is to scrub the copper sample and degrease it with ethanol. Apply gallium to the cleaned and prepared copper surface by rubbing. Remove the excess gallium layer. Bismuth telluride also undergoes scraping and degreasing. Then we rub the bismuth telluride using a copper sample that has already been pre-coated with gallium. On the modified copper switching plate [3], the solder Rose's alloy is applied using the soldering iron. Remove the excess solder layer. The finished samples of bismuth telluride and copper switching plate are assembled in a diffusion chamber and welded. Welding mode: welding temperature is  $T_{welding} = 623\text{ K}$ , welding time is  $t_{welding} = 3600\text{ sec}$ , welding pressure is  $P = 30\text{ MPa}$ . The value of the welding pressure is quite high, but in this technical solution, strain limiters were used. The strain value was predetermined at 2-3 % (200-300  $\mu\text{m}$ ).

Such technical solution makes it possible to manufacture the branches of the thermoelement while preserving the operational parameters of the thermoelectric modules.

### References

1. Pat. 323823 SSSR, MPK H01L35/34 H01L35/08. Sposob komutatsyy termoelementov / Beilyn A. Yu., Malyhyn E. A., Kozorezov M. P., Sablyn A. M., Shmydt Y. A. – №1442455/26-25; zaiavl. 26.05.1970; opubl. 10.12.1971, biul. № 1 (in Russian).
2. Novomlynets O.O. Osoblyvosti otrymannia neroziemnykh ziednan u protsesi vyhotovlennia termoelementiv / O.O. Novomlynets, I.V. Zavalna, Ye.V. Polovetskyi // Visnyk Chernihivskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu. Seriya "Tekhnichni nauky": naukovi zbirnyk / Chernih. nats. tekhnol. un-t. – Chernihiv : Chernih. nats. tekhnol. un-t, 2013. – № 4 (69). – S.82-90 (in Ukrainian).
3. Pat. 135444 Ukraina, MPK (2019.01) B23K 25/00. Sposib blokuvannia dyfuziinykh protsesiv pry vyhotovlenni ta ekspluatatsii termoelementiv / Nahorna I.V., Novomlynets O.O., Falchenko Yu.V., Mazanko V.F., Polovetskyi Ye.V.; zaiavnyk i vlasnyk Chernihivskiyi natsionalnyi tekhnolohichnyi universytet. – №u201901863; zaiavl. 25.02.2019; opubl. 25.06.2019, biul. № 12 (in Ukrainian).

UDC 621.791.37

**Sergey Minakov, Associate Professor**  
**Yevgenia Chvertko, Associate Professor**  
**Nataliia Strelenko, Associate Professor**  
**Anton Minakov, Senior Lecturer**  
**Ivan Vdovychenko, Assistant**  
**Dmytro Vdovychenko, Assistant**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,  
[e.chvertko@kpi.ua](mailto:e.chvertko@kpi.ua)

## **ARC TIG BRAZE WELDING OF WELD ART STRUCTURES**

Features of the design of art products are presence of elements of different thicknesses and different geometric shapes, asymmetry of the design as a whole and the location of joints on it in particular. In addition, the places of joints and their configuration primarily depend on the artistic design, which is why they are not always optimal, and if traditional methods of electric arc welding are used, areas may appear on the structure that are repeatedly subjected to heating-cooling cycles. In turn, this leads to deterioration of the mechanical characteristics of the joints and to formation of unfavorable levels of residual welding stresses and strains.

In order to solve technological problems of the production of weld art, it is often necessary to time the processes of parts' heating and of introducing a filler. For this purpose the technology of arc TIG braze welding [1] was chosen.

Copper-based fillers (CuSi3) guarantee a high level of physico-chemical compatibility with the base material of the structure/product and provide a high level of physico-mechanical and anti-corrosion characteristics of the joint, a low level of residual stresses and deformations of thin-sheet structural elements [2, 3].

A detailed description of solving a number of technological problems that arose during the manufacture of non-standard structural elements of the sculptures "Minion", "Macho", "Into the Future!" is given. "Minion" (Fig. 1, a) includes: the connection of solid profiles, the connection of wires with a pipe, the connection of a bundle of thin wires with a hemisphere, and the connection of wires of different diameters at acute angles.

Sculpture "To the Future!" (Fig. 1, b) was accepted to participate in the exhibition of weld art products "2023 UN Sustainable Development Goals Digital Collection", which will be held on July 16-21, 2023 in Singapore as part of the Annual Assembly of the International Institute of Welding.

The main elements of the sculpture are: a double ring, figures of a young man and a girl inside a globe, a base and elements of stiffness behind the ring. The part of the ring under the feet of the boy and girl is designed to be sunk into the foundation. The other part of the ring above the foundation symbolizes the portal (entrance) to a new life. The globe represents limitless opportunities for young people in the future life. Dimensions of the sculpture: height 2.3 m, width 2.3 m, depth 1.5 m. Weight about 150 kg. The construction material is low-carbon steel. The artistic configuration of the sculpture was developed using computer processing of a photo through the adaptation of a real photo into graphics and, as a result, creation of a 3D model of a sculpture.

The main advantages of the TIG braze welding are: the melting point of the CuSi3 filler is lower than that of the base material: high fluidity and good wetting of the surface of the base material with the liquid filler; low level of residual stresses and deformations; sufficiently high level of mechanical properties of the joint.





Fig. 1 – Sculptures with TIG braze welded joints produced in the workshop Smart Art (department of Welding Production of E.O. Paton Institute of Materials’ Science and Welding): a) “Macho”; b) “Into the Future!”; c) “Minion”; d) joints of wires 3, 4 and 5 mm dia e) joints of solid elements 10x10 mm

The developed technologies of TIG braze welding with CuSi3 copper wire significantly expand the possibilities of high-quality production of steel art products with complex geometric shape, which have a large number of non-standard joints and were successfully used in the production of a number of sculptures according to the creative idea and design of Associate Professor Sergey Minakov.

#### References

1. (2022) Terminological dictionary of welding and related technologies. Lobanov L.M., Demchenko Yu.V., Makovetska O.K., Kyiv, Akademperiodyka, E. O. Paton Electric Welding Institute [In Ukrainian]. Available at: <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.474.329>.
2. Braze Welding (no date). Available at: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/braze-welding-134> (Accessed: 14 April 2023).
3. Strelenko N.M. (2014) Physical and Chemical Interaction of Liquid Solder and Base Metal in Brazing and Soldering Tekhnologichni Systemy, **3**, 41-44 [In Ukrainian].

УДК 621.791.019

Oleh Haievskiy, PhD, Associate Professor  
Viktor Kvasnytskyi, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Volodymyr Haievskiy, PhD, Associate Professor  
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,  
[ggoa@ukr.net](mailto:ggoa@ukr.net)  
Michał Szymura  
Politechnika Śląska/Silesian University of Technology

## ACCOUNTING FOR POSSIBLE DISPLACEMENTS OF THE PROCESS ADJUSTMENT CENTER WHEN DETERMINING THE PERFORMANCE INDEX

The range of natural dispersion of the controlled indicator  $x$  contains 99.73% of all possible values and has a width of  $3\sigma$  from the center of the manufacturing process setting ( $\mu$ ) towards the upper allowable value ( $USL$ ) and  $3\sigma$  from the average towards the lower allowable value ( $LSL$ ). A traditional approach to ensuring the acceptability of a production process is to maintain a process operability index of at least 1.66. At the same time, the performance index of the production process ( $C_{pk}$ ) is defined as the minimum of the values of the performance indexes at the lower ( $C_{pl}$ ) and upper limit ( $C_{pu}$ ) of the range of permissible values of the controlled quality indicator:

$$C_{pk} = \min \left( \frac{USL - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right), \quad (1)$$

where  $\mu$  is the mathematical expectation of the controlled indicator, which is usually taken to be equal to the average value ( $\bar{x}$ ) and used as the actual value of the center of adjustment of the process.

Maintaining the operational efficiency index of the production process at a level of at least 1.66 provides a "reserve" in terms of the ability to meet the requirements, that is, the distance from the limit of permissible values to the limit of the range of natural dispersion is at least  $1.98\sigma$ . But this approach does not take into account the possibility of a shift (drift, fluctuations) of the arithmetic mean value. Meanwhile, such shifts can be quite significant even under conditions of relative stability or statistical controllability of the production process [1]. The range of possible fluctuations of the arithmetic mean value, provided that there is no influence of special reasons, is determined by the control limits of the statistical process control map and is  $k\sigma$ , where the value of the coefficient  $k$  depends on the volume of the sample, by which the arithmetic mean value is determined. Possible shifts of the arithmetic mean within the control limits are proposed to be taken into account by the corresponding ( $k\sigma$ ) correction for ( $\mu$ ):

$$C_{pk} = \min \left( \frac{USL - (\mu + k\sigma)}{3\sigma}; \frac{(\mu - k\sigma) - LSL}{3\sigma} \right). \quad (2)$$

Determining the serviceability index, taking into account possible shifts in the process adjustment center, allows you to significantly limit the risks of non-fulfillment of product quality requirements. The reduction of risks is facilitated by the provision of a "stock" for the ability to meet requirements, taking into account the possibility of shifting the center of the production process setting according to the controlled indicator of product quality. The effectiveness of the proposed approach is determined on the example of the welding wire manufacturing process.

### References

1. Otsuka H. Quality assurance of welded steel of Tokyo sky tree / H. Otsuka, Y. Minoda, K. Nagayama // Journal of the Japan Welding Society. – 2013. – № 82(4), – p. 252-257. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.82.252>

UDK 621.787

**Olha Zvirko, Doctor of Technical Sciences, Professor**  
**Volodymyr Kyryliv, Ph.D., Senior Researcher**  
**Oleh Mokryi, Doctor of Technical Sciences, Ass. Professor**  
**Olha Maksymiv, Ph.D.**  
**Ivan Kurnat, Chief Engineer**

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, olha.zvirko@gmail.com

### THE EFFECT OF NANOCRYSTALLIZED SURFACE ON THE TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF PEARLITIC STEEL

A significant part of equipment and machines used in various industries (military industry, oil and gas industry, metallurgy, agriculture, etc.), as well as military equipment are operated under the combined action of mechanical loading and abrasive wear. Surface treatment methods are used for improvement of their performance characteristics. A promising surface treatment of pearlitic steels is formation of surface nanostructured layer, which characterised by a unique complex of physical and mechanical properties. For this purpose, severe plastic deformation is widely used. The method of mechanical pulse treatment (MPT) of steels used in the study enables formation of nanocrystallized surface with 12–60 nm crystallite size [1]. The aim of this work is to improve the tribological properties of alloyed steel 40X using MPT. The steel had pearlitic microstructure in the as-received state. Wear resistance of the nanocrystallized surface of 40X steel formed by MPT in different technological fluids (oil and aqueous) under wear of friction pair 40X steel (ring) – ШХ15 steel (liner) was estimated and compared with that of 40X steel after quenching and tempering at temperature 200 °C. Studies were performed in oil with 0.1% abrasive at  $P = 4$  MPa and  $V = 0.9$  m/s. Quantitative analysis was carried out to determinate material loss (Figure).

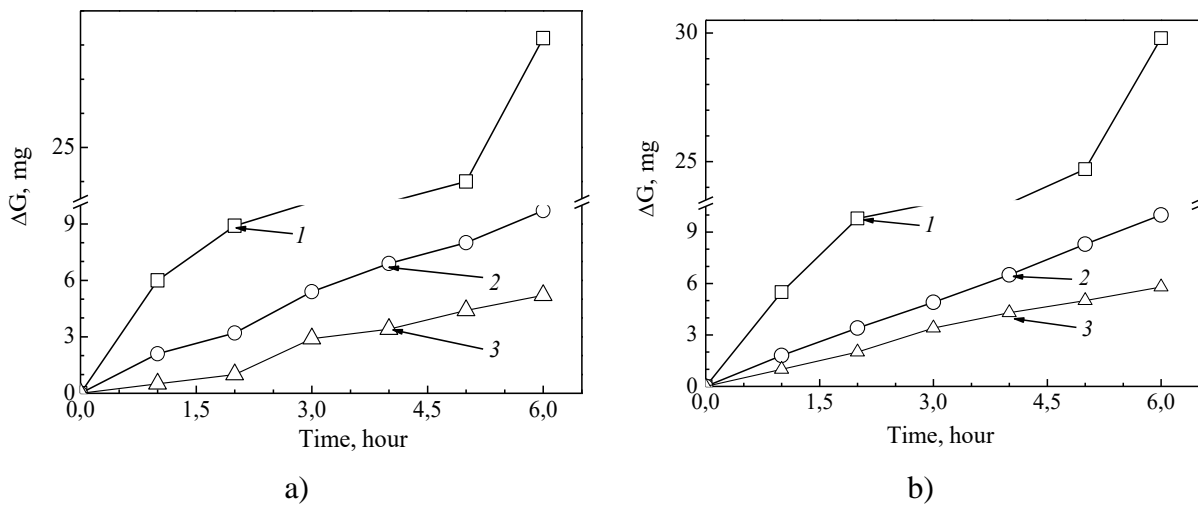


Fig. 1 – Weight loss  $\Delta G$  of rings (a) and liners (b) of friction pair 40X steel (ring) – ШХ15 steel (liner) with different treatments of steel 40X: 1 – heat treatment; 2, 3 – MPT in aqueous and oil technological fluids, respectively.

It was revealed that the weight loss after 6 h of wear of 40X steel with the nanocrystallized surface layer formed by MPT in oil was the smallest among the studied treated steels. The friction coefficient of the pair with 40X steel with the nanocrystallized surface formed in oil was decreased in almost 4 times compared to that of the friction pair with the heat-treated steel.

#### References

1. Mechanical fabrication methods of nanostructured surfaces / H. Nykyforchyn, V. Kyryliv, O. Maksymiv, O. Zvirko // Handbook of modern coating technologies. Fabrication methods and functional properties. – Amsterdam: Elsevier, 2021. – P. 25–67.

UDC 621.79:669

**Victor Holovko, Doctor of Technical Sciences**  
**Olha Shtofel, PhD in Technical Sciences**

E.O. Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, Kyiv, vichilow@gmail.com

## **FRACTAL DIMENSION OF NON-METALLIC INCLUSIONS IN THE WELD METAL STRUCTURE**

Solving the problem of metal structures with specified physical and mechanical properties diagnose is based on the classical triad "composition - structure - property" and requires the objective quantitative indicators introduction for numerically describe the structure geometric and statistical features, as well as reflect the structure formation processes in metal and associate them with quality characteristics. The modern approach to considering the described problem involves using the fractal structures theory from the standpoint of the closely related modern synergy science.

A number of studies have been conducted that confirm the metal fractal nature. First, the metal structure is self-similar - this is the main fractal property. Secondly, the structure parameters, such as the grain size calculation or non-metallic inclusions can be compared with the fractal dimension.

This work presents the study results concerning the relationship between the non-metallic inclusions content in the metal structure and the fractal dimension for the high-strength low-alloy steels welds.

The carrying out this work expediency is justified by the fact that, until now, there is no comprehensive understanding mechanisms for describe the factors that control the microstructures formation during phase transformations, especially in the electric arc

The real welds metals structure complexity is the main obstacle to the adequate models synthesis for structures computer-aided design and their properties prediction. Fractal formalism, in particular, structures fractal and multifractal parameterization, can in principle become the basis for choosing adequate real welds structures numerical models, necessary for structures computer design and their properties prediction.

The non-metallic inclusions influence can have a negative character and even is a serious danger, since the stress concentration can exceed the limit values for the material and the inclusion, therefore, can become a destruction focus. Therefore, we conducted studies to determine the possibility of estimating the non-metallic inclusions content in the welds metal using fractal analysis methods.

Research methodology.

Experiments were carried out on the welds metal samples which were obtained during 09G2 steel butt joints welding with Sv-08ГН2МА wire in an M21 shielding gas environment. In order to detect the different composition non-metallic inclusions effect on the welding bath liquid metal during welding, dispersed refractory compounds particles ( $> 500 \mu\text{m}$ ) were introduced through the additive powder wire according to the method [1].

In order to carry out the work, a methodology was developed and implemented, which in general consists of three consecutively executed parts-stages [2]:

- The first part consists in obtaining two-dimensional microscopic images of the main weld joint zones and fracture zones using a JSM35CF camera-equipped scanning electron microscope (Japan) and preprocessing these images.
- The second part is devoted to the certain fractal characteristics computer calculation of the studied structures using special software.
- At the third, final stage, the obtained characteristics statistically reliable connections with mechanical properties were found.

The studied weld metal samples were prepared according to standard sample preparation procedures for metallographic analysis. The minimum image resolution was 300x300 pixels. The image pre-processing consisted in applying the images binarization procedure.

The selected binary image is then subjected to computer processing according to a specially developed algorithm, which ultimately allows to calculate the generalized Regny fractal dimensions spectrum and, in particular, the usual fractal dimension (Haudorf-Bezикович) as a multifractal rough characteristic, its informational ( $D_1$ ) and correlational ( $D_2$ ) dimensions, as well as; the orderliness degree and homogeneity degree of the weld metal structure.

Conclusions. As a result of the conducted research, it is shown that the use of the fractal formalism for the inclusions analysis in weld metals allows:

- to obtain information about the metal structural state in numerical form (quantitatively assess the dispersion and fragmentation degree). The using welds initial characteristics according such computer modeling makes it possible to significantly improve the developed models quality;
- ultimately calculate the fractal dimension for the corresponding samples structures and obtain a complete picture of the structural components influence on the metal mechanical characteristics;
- in the future, the numerical modeling of the welding technology and the welding consumables composition influence on the weld metal mechanical properties, taking into account metal structural features.

At the same time, the actual involvement of fractal and multifractal parameterization acts as an comprehensive approach essential part to solving the problem of creating technological welding processes that provide a guaranteed weld metal properties level. The thermodynamic modeling of phases formation in the weld metal, these phases kinetic growth in welding conditions, shall be basing on fractal approach to the weld metal structure description and adequate methods of numerical assessment of its properties.

#### References

1. Effect of modification of weld metal of high-strength low-alloy steels on their structure and properties / [Kostin V.A., Zhukov V.V., Berdnikova O.M., Holovko V.V. and Kushnaryova O.S.] // The Paton welding journal. – 2021. – №5. – p.57-63.
2. Shtofel O.O. Application of fractal and metallographic analyses for evaluation of quality of weld metal/ Shtofel O.O., Holovko V.V. and Chyzhska T.G. // The Paton welding journal. – 2021. – №5. – 64-69.

УДК 621.78

**Дубовий О. М., докт. техн.наук, професор**

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв,  
oleksandr.duboviy@nuos.edu.ua

**Лебедєв В. О., докт. техн. наук, професор**

**Лой С. А., старший викладач**

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування  
імені адмірала Макарова, valpaton@ukr.net

### **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДРЕКРИСТАЛІЗАЦІЙНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЛАЗМОВОГО НАПИЛЕННЯ**

Існує цілий ряд методів покращення властивостей покриттів, які виконані розповсюдженим методом плазмового напилення. Треба згадати вибір матеріалів в тому числі нанорозмірних порошків для отримання шару напилення певної структури, застосування оптимальних режимів ведення процесу, вдосконалення існуючих та розробку нових високоефективних вузлів установок для напилення. Все це широко представлено в роботах [1, 2]. Є й інноваційні розробки, які стосуються застосування імпульсних методів впливу на процес плазмового напилення. Можна вказати і на деякі комбіновані, або комплексні техніко – технологічні рішення.

Окремо розглядаються інноваційні розробки, які стосуються передрекристиалізаційної термічної обробки напиленого плазмою шару покриття в якості дієвого способу впливу на його деякі фізико-механічні характеристики. Насамперед це стосується твердості покриття



[3]. Ця характеристика визначалася експериментальним шляхом для низки матеріалів самих покриттів, а також матеріалів, на яке виконувалось напилення. Для прикладу [4] розглянемо плазмове напилення двома способами – на відкритому повітрі та застосуванням плазмотвірного газу аргону. Експериментальне напилення проводилося на різних установках для напилення з використанням порошоків фракції 40...80 мкм отриманих з нержавіючої сталі ПХ18Н15, нікелю ПНК-2К10.

Мета роботи – дослідити вплив температури рекристалізації  $T_{pk}$  та часу процесу  $t_{pk}$  на кінцевий показник твердості зразків  $HV_{pk}$  з отриманням залежності для певних умов та матеріалів:

$$HV_{pk} = f(T_{pk}, t_{pk}) \quad (1)$$

На графіках (рис.1) представлені залежності по (1).

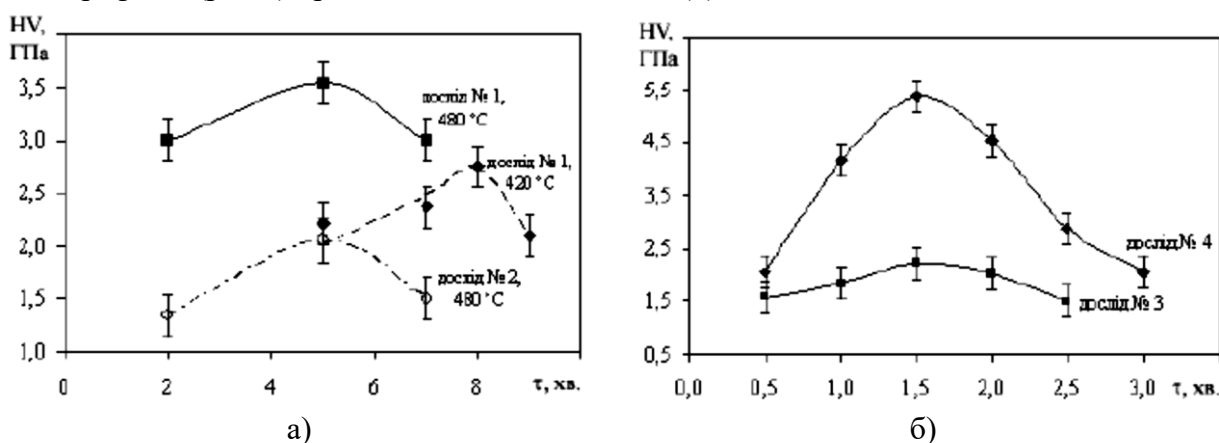


Рис. 1 – Залежності твердості плазмового напилення від часу витримки при певній температурі ПНК-2К10 (а) та ПХ18Н15 (б) термічній обробці

Твердість напилення на установці з плазмоутворюючим газом - повітрям складала 2,05 ГПа. Швидкість руху порошка на цій установці була більшою, ніж на установці з використанням плазмоутворюючого газу – аргону де твердість напилення складала 1,4 ГПа.

Визначення впливу часу дії температури початку первинної рекристалізації 480 і 420 °C (досліди 1) на зразки з плазмовими покриттями з ПНК-2К10 показало, що твердість  $HV_5$  спочатку підвищується, досягає максимальних значень і далі знижується. Можна зазначити, що ці залежності мають екстремальний характер.

Показані на макрошліфах (рис. 2) дослідження мікроструктури плазмових покриттів із ПНК-2К10 на оптичному мікроскопі при збільшенні  $\times 500$  і на електронному мікроскопі РЭММА-102-02 при збільшенні  $\times 3000$  показали, що зміни в мікроструктурі покриттів до і після термічної обробки не спостерігаються. Це свідчить про те, що зміцнюючий ефект забезпечують структурні елементи розміром менше 0,5 мкм.

Максимальна твердість досягається після термічної обробки при 480 °C з витримкою 5 хв (охолодження на повітрі) і складає 3,45 ГПа (дослід 1) та 2,05 ГПа (дослід 2). При 420 °C максимальне значення твердості 2,75 ГПа (дослід 1) досягається після витримки 5 хв. Отримані показники на 30...70 % вищі від твердості цих покриттів у стані після напилення.

Режими напилювання в досліді 1 забезпечували більш високу швидкість частинок порошку, ніж у досліді 2, що відповідає більшій деформації при формуванні покриття.

Вивчення твердості плазмового покриття ПХ18Н15 від часу дії при температурі первинної рекристалізації при термічній обробці проводилося на режимах, що забезпечують різну величину деформації частинок порошку при формуванні покриття, що обумовлено більшою швидкістю напилення.

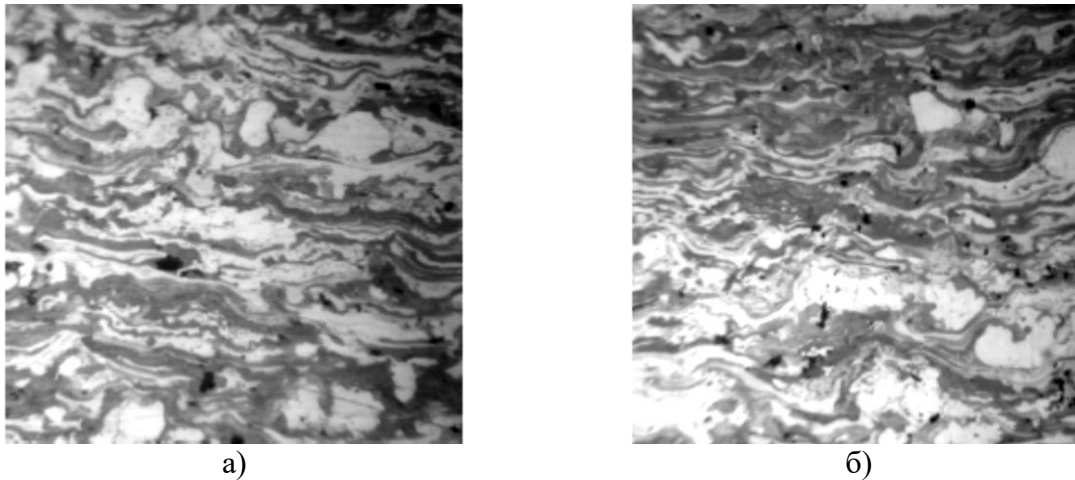


Рис. 2 – Мікроструктура плазових покриттів із ПНК-2К10 ( $\times 500$ ): а – покриття без термічної обробки; б – покриття після термічної обробки (480 °С, витримка 5 хв)

Режим напилювання плазового покриття в досліді 3 забезпечував меншу деформацію частинок порошку, ніж у досліді 4. Максимальне значення твердості для обох дослідів досягається після витримки 1,5 хв (при 880 °С) і складає відповідно 1,58 і 3,63 ГПа.

З наведених результатів експериментальних досліджень можна вивести, що твердість покриття виконаного плазовим напилення після дії певних температур залежить від ступеню деформації часток напилення, яке обумовлюється швидкістю їх нанесення  $v_n$ . Таким чином залежність (1) розширюється до

$$HV_{pk} = f(T_{pk}, t_{pk}, v_n) \quad (2)$$

Можна стверджувати, що залежність (2) має багатокomпонентний характер і не є такою, яка повністю досліджена, але ті результати, які відомі на теперішній час дають підстави для більш широкого кола досліджень та впровадження вже отриманих результатів у виробничі процеси нанесення плазових покриттів не тільки зазначених матеріалів, а й інших розповсюджених напилюваних порошків.

Таким чином вже отримані результати є такими, за якими можна вибрати оптимальні режими термічної обробки напилених покриттів, що забезпечують підвищення значення твердості шару на 20 – 70 %

Плазове напилення не єдина технологія, на якій можна отримати результати з збільшення твердості покриття при застосуванні способу термічної обробки для поліпшення результатів. Досягнуті певні результати при передрекristалізаційній термічній обробці матеріалів для процесів з виконанням електродугових та газополумених покриттів і це потребує окремого розгляду

Треба вказати на інші ефекти які можна отримати застосовуючи розглянутий спосіб термічної обробки вузлів та деталей, які напилюються. Це насамперед стосується коефіцієнту теплопровідності. Передрекristалізаційна термічна обробка забезпечує зниження цього коефіцієнту на 15 %, а в деяких випадках навіть більше 30%, що, наприклад, може бути застосовано при виконанні теплозахисних покриттів, особливо при плазовому напиленні робочих вузлів газотурбінних агрегатів [5].

В перспективі визначення можливостей передрекristалізаційної термічної обробки при виконанні електродугового наплавлення з метою зміцнення наплавленого шару.

#### Список посилань

1. Лебедев В.А. Модернизация плазмотрона для напиления на воздухе и в контролируемой атмосфере (в вакууме). / Лебедев В.А., Лой С.А. //Вісник Національного технічного університету “ХП”. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2019. – №10. – с. 21-29.

2. Володимир Лебедев. Можливості покращення якості плазмового напилення при зміцненні та відновленні вузлів та деталей сільськогосподарської та іншої техніки / Володимир Лебедев, Сергій Лой, Володимир Спіхтаренко. // Технічні науки та технології. – 2022. – №1. – с. 92-100.

3. Антон Карпаченко. Наноструктурування кристалічних матеріалів та напилених покриттів передрекристалізаційною термічною обробкою / Антон Карпаченко, Тетяна Макруха, Олександр Дубовий, Максим Бобров. // Технічні науки та технології. – 2022. – №3. – с.27-36

4. Дубовий О.М. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на фізико – механічні властивості напилених покриттів та деформованих металів та сплавів / О.М. Дубовий, Н.Ю. Лебедева, Т.Н. Янковець. //Металознавство та обробка металів. – 2010. – №3. – с.7-11.

5. Лебедев В.О. Особливості формування (структурування) та властивості теплозахисних покриттів при плазмовому напиленні / Лебедев В.О., Дубовий О.М., Лой С.А. //Технічні науки та технології. – 2020. – №1. – с.39-48.

УДК 62-503.55

**Лебедев В. О., докт. техн. наук, професор**

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, valpaton@ukr.net

### **НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН МЕТАЛУ ПРИ МЕХАНІЗОВАНОМУ ЕЛЕКТРОДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ-НАПЛАВЦІ З ІМПУЛЬСНИМИ АЛГОРИТМАМИ ВПЛИВУ**

Важливими при зварюванні та наплавленні є дослідження напружено-деформованого стану виробу, який зазнає нагрівання та подальшого охолодження, що веде до його деформування та наявності залишкових напружень у зоні термічного впливу. Основна причина виникнення залишкових напружень - це ускладнене розширення і стиснення основного металу при його нагріванні під час наплавлення і подальшому охолодженні [1].

Існує достатньо велика кількість способів, техніко – технологічних рішень, де в тій чи іншій мірі вирішуються проблеми пов'язані з напружено-деформованим станом металу при виконанні зварювальних робіт чи робіт по наплавленню.

Спосіб, здатний при однаковій продуктивності наплавлення зменшити величину залишкових напружень, має перевагу над іншими. Як відомо, електродугове зварювання та наплавлення з використання імпульсної подачі електродного дроту характеризується строгою регульованою циклічністю за тривалістю горіння дуги, без втрат у продуктивності процесу, що впливає на кількість теплоти, що вноситься в основний метал і як наслідок, - на величину залишкових напружень.

Можна зазначити, що найбільш небезпечними при зварюванні плавленням є напруження, розтягу. При їх перевищенні в локальних обсягах більше величини  $\sigma_T$  напружено-деформований стан характеризується переходом з пружної зони до пружно-пластичної, де залежно від ступеня такого перевищення збільшується інтенсивність збільшення пластичної деформації. У макрооб'ємах зварних з'єднань про цей перехід свідчать напруження, що дорівнюють межі плинності даного матеріалу.

Для перевірки було проведено дослідження на режимі з параметрами  $I = 220$  А,  $U = 26$  В. Частота імпульсної подачі електродного дроту встановлювалася з значеннями 1, 20, 30, 40 Гц, шпаруватість 1, 3, 5 од.

Визначення залишкових напружень в елементах конструкцій проводилося на основі застосування електронної спекл-інтерферометрії та методу кінцевих елементів [2].

Наплавлення валиків проводилося електродним дротом 30ХГСА (для наплавлення) діаметром 1,2 мм.

Були виконані одношарові наплавлення на певних режимах для визначення залишкових напружень біля шва та біляшовної зони.



Наплавлення проводилось з застосуванням нового типу безредукторного механізму подачі з швидкодіючим вентильним електродвигуном та комп'ютеризованою системою керування та регулювання [3].

У якості джерела зварювального струму було вибрано джерело інверторного типу фірми КЕМРРУ з мінімальними значеннями пульсацій вихідної зварювальної напруги.

Ширина валиків наплавленого металу змінювалася в діапазоні 11,9-12,6 мм за закономірностями, властивими для вибраних режимів при застосуванні як звичайної, так і імпульсної подачі. Дані вивчення досліджень на відстані  $Y$  від центральної осі наплавлення використані для побудови відповідного графіка зміни залишкових напружень  $\sigma_{xx}$  при постійній та імпульсній подачі електродного дроту та представлені на рис. 1.

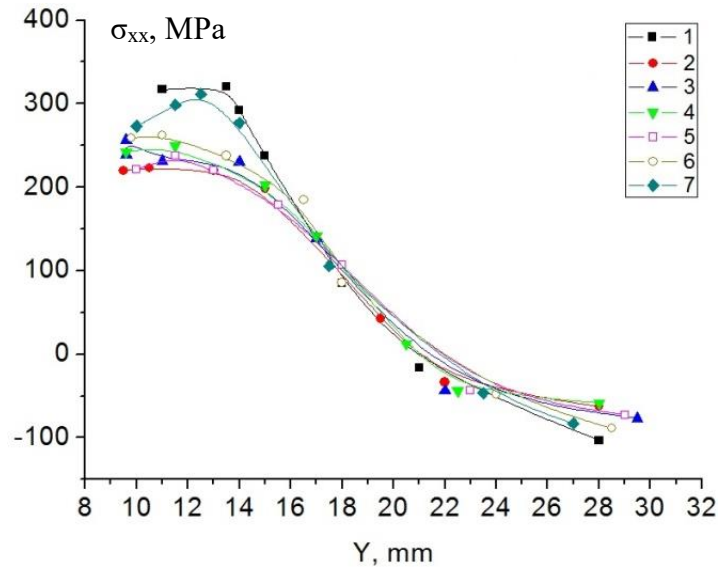


Рис. 1 – Графік зміни величини залишкових напружень  $\sigma_{xx}$ , при постійній (1) та імпульсній (2-7) подачі електродного дроту

Дослідження свідчать, що для плавної подачі електродного дроту у зоні термічного впливу при  $Y \leq 15$  мм, на відміну від більшості режимів з імпульсною подачею, спостерігається перехід від

пружного напружено-деформованого стану до пружно-пластичного. У свою чергу, останнє за даними роботи [4] є більш несприятливим при зварюванні плавленням і може сприяти:

- повідкам (деформаціям) виробу, що наплавляється;
- втрата технологічної міцності через підвищений темп наростання пластичних деформацій.

Застосування імпульсної подачі електродного дроту на оптимально вибраних режимах ( $f = 20$  Гц  $S = 5$  од.) дозволяє знизити залишкові напруження до 220 МПа ( $\approx$  на 30 %), що вже достатньо надійно забезпечує збереження пружного напружено-деформованого стану в зоні термічного впливу після виконання наплавлення валика. Як показали результати досліджень, зменшення шпаруватості з 5 од. до 3 веде до деякого збільшення залишкових напружень в пружній зоні напружено-деформованого стану, що пояснюється збільшенням послідовним наближенням тепловмісту у виріб до постійної подачі електродного дроту. Також аналогічний ефект спостерігається й зі збільшенням частоти імпульсної подачі електродного дроту з 20 до 60 Гц.

Таким чином є очевидним, що імпульсна подача електродного дроту при зварюванні та наплавленні може забезпечити зменшенню залишкових напружень. Така дія спостерігається завдяки зміні тепловмісту в розплавлену ванну.

Можна додатково зазначити, що дослідження процесів електродугового наплавлення порошковим самозахисним дротом з модуляцією режимів також дають ефект в поліпшенні напружено-деформованого стану виробу.

#### Список посилань

1. Махненко В.И. Тепловые и деформационные процессы в шве и околошовной зоне при сварке/ В.И. Махненко. – К.: Наукова думка, 1983. – 56 с.

2. Лобанов Л.М. Методика определения остаточных напряжений в сварных соединениях и элементах конструкций с использованием электронной спекл-интерферометрии / Л.М.Лобанов, В.А.Пивторак, В.В.Савицкий, Г.И.Ткачук // Автоматическая сварка. – 2006. – № 1. – С.10-13.

3. Лебедев В. А. Новые механизмы подачи электродной и присадочной проволоки / В.А.Лебедев, С.Ю.Максимов, В.Г.Пичак, В.В. Рымша, И.Н.Радимов, М.В.Гулый // Сварочное производство. – 2011. – № 5. – С. 35-39.

4. Рябцев И.А. Теория и практика наплавочных работ / И.А.Рябцев, И.К.Сенченков. – К.: Екотехнологія, 2013. – 400 с.

УДК 62-503.55

**Лебедев В. О., докт. техн. наук, професор**

Дослідно-конструкторсько-технологічне бюро інституту електрозварювання імені Є.О.Патона НАН України, м. Київ, valpaton@ukr.net

### **ДЕЯКІ СПОСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПРОЦЕСІВ**

Аддитивні технології це загальний спосіб виготовлення деталей, заснований на створенні фізичного об'єкта за певною моделлю з використанням пошарового внесення матеріалу (1). Цей спосіб є протилежним від віднімального (субтрактивного) способу механічної обробки та широковідомого формоутворювального виробництва з застосуванням кування, лиття, штампування.

Протягом останніх декількох десятиріч було запропоновано та реалізовано більш ніж 20 способів аддитивного створення вузлів та деталей в різних галузях промислового та інших виробництв.

Виготовлення складних габаритних металевих виробів з використанням традиційних технологій вимагає значних ресурсів при виробництві. Аддитивні технології дозволяють отримувати деталі різноманітної геометричної форми шляхом пошарового нанесення матеріалу на підкладку або елемент готового виробу, що значно скорочує витрати. Такі технології широко використовують при відновленні зношених поверхонь та при нанесенні зміцнюючих покриттів.

Способи реалізації аддитивних технологій можна укрупнено класифікувати за матеріалами які застосовані та технологіями їх нанесення.

Існуючі способи аддитивного виробництва базуються на технологіях плавлення різними способами з застосуванням різних джерел нагрівання вихідного матеріалу серед яких є процеси PBF, DED, DMD та інші.

Зазначимо, що є процеси, які використовують технології пошарового формування вузлів та деталей без плавлення матеріалу, що наноситься. До таких процесів належать спікання, пресування, листові ламінації, дифузійне нанесення матеріалу та деякі інші. Але всі вони зазвичай складні, трудомісткі і їх застосування дуже обмежено і тільки в специфічних областях з певними вимогами до характеристик.

Способи формування виробів пошаровою на плавкою є одними з поширених завдяки відносній простоті та і гнучкості процесу.

Як джерела нагрівання в аддитивних технологіях застосовуються електронний промінь, лазер, електричні та плазмові дуги. Променеві технології застосовуються в основному для побудови малогабаритних точних виробів та відрізняються низькою продуктивністю. Дугові технології орієнтовані на створення великогабаритних виробів із високою продуктивністю. При цьому знижується точність заготовок, що формуються, збільшуються припуски на подальшу механічну обробку.

Підкреслимо, що аргонодугувий, механізований в середовищі захисного газу суцільним та порошковим дротами, плазмовий та інші способи наплавлення достатньо широко застосовуються в аддитивному виробництві.

Плазмове наплавлення електродом, що плавиться (плазма-МИГ) є гібридним процесом, що об'єднує дугове і плазмове наплавлення. Процес має низку переваг: висока стабільність і продуктивність, гнучке регулювання параметрів наплавлення, відсутність розбризкування, кероване краплеперенесення припадкового металу та ін. Застосування кільцевого анода дозволяє стійко вести наплавлення плазмовою дугою зворотної полярності. При цьому відбувається ефективно руйнування і видалення оксидних плівок, покращується змочуваність і розтікання металу, що наплавляється за рахунок процесу катодного очищення. Спосіб плазма-МИГ поєднує в собі особливості висококонцентрованого джерела енергії, високу продуктивність та якість наплавлення, за порівняно низької вартості обладнання. Таким чином, плазма-МИГ наплавлення може стати перспективним способом для пошарового формування габаритних металевих заготовок.

Треба зазначити, що електродугове автоматичне та напівавтоматичне наплавлення з застосуванням електрода, який плавиться забезпечує ряд технологічних та економічних переваг: висока продуктивність, регулювання теплопередачі в широких межах і, як наслідок, управління глибиною та шириною проплавлення, структурою, складом та властивостями формованого матеріалу. Осьова подача дроту сприяє підвищенню точності заготовки, що наплавляється. При цьому не потрібно застосовувати спеціальні пристрої для орієнтації подачі дроту відносно траєкторії наплавлення при автоматичному наплавленні. Напівавтоматичне наплавлення, що дуже важливо, дозволяє організувати адитивний процес по поверхні складної форми. Всі зазначені переваги для електродугового процесу дозволяють використовувати його найбільш широко. Дослідження в цьому напрямку адитивних технологій також велось і досі проводиться достатньо повно з охопленням різних методів та способів реалізації процесу та виходом на реальні техніко – технологічні рішення. Дуже широкий спектр робіт проведено щодо застосування модульованих та імпульсних режимів роботи автоматичного та напівавтоматичного обладнання для наплавлення, як засобів створення адитивного продукту. Найбільша увага приділяється системам з керованими параметрами, які в теперішній час технічно виконуються на сучасному рівні з використанням, в тому числі, комп'ютеризованих систем та найбільш досконалих комплектуючих, зокрема електродвигунів в механізми подачі електродного дроту та переміщення виробу та зварювального пальника:

- модуляція режимів наплавлення;
- імпульсна подача електродного дроту;
- коливання (поперечні) електродного дроту;
- коливання виробу

Застосування імпульсних та модульованих режимів роботи обладнання сприяє підвищенню продуктивності процесу при одночасному забезпеченні точності виробу, що є актуальним завданням.

Підвищення ККД процесу адитивного виробництва та скорочення виробничого циклу досягається шляхом підбору оптимального режиму наплавлення із запобіганням утворення дефекту *Humping* («пилкоподібний шов»). При цьому кількість проходів має бути мінімально необхідною та достатньою для отримання кінцевої форми виробу. Це реалізується шляхом розрахунку та вибору оптимального профілю валика. Діапазони вхідних параметрів визначаються за допомогою попередніх експериментів.

Для вищезазначених процесів велике значення мають параметри модуляції та імпульсного руху дроту та коливаний виробу чи пальника. При використанні наплавлення з модуляцією режимів та імпульсної подачі керована зміна частоти  $f$  та шпаруватості  $s$  зміни параметрів веде до зміни форми наплавленого валика зокрема його ширини та висоти, що можна бачити на контурних графіках рис. 1. При певному алгоритмі зміни цих параметрів досягаються декілька важливих результатів. Збільшується ширина валика в проході, зменшується його висота. Все це впливає на якість наплавленого шару що визначається

міжцентровою відстанню сусідніх валиків та траєкторією наплавлення. Міжцентрова відстань визначає хвилястість шару. Надмірна хвилястість сприяє виникненню проблем при нанесенні наступного шару і здатна порушити процес створення виробу.

При наплавленні з керованими по амплітуді та частоті коливаннями виробу відзначається значна величина залежності ширини валика  $H$  від цих параметрів, що можна оцінити по графіках на рис. 2, що сприяє отриманню при певних параметрах широкого валика і загалом підвищенню продуктивності адитивного процесу

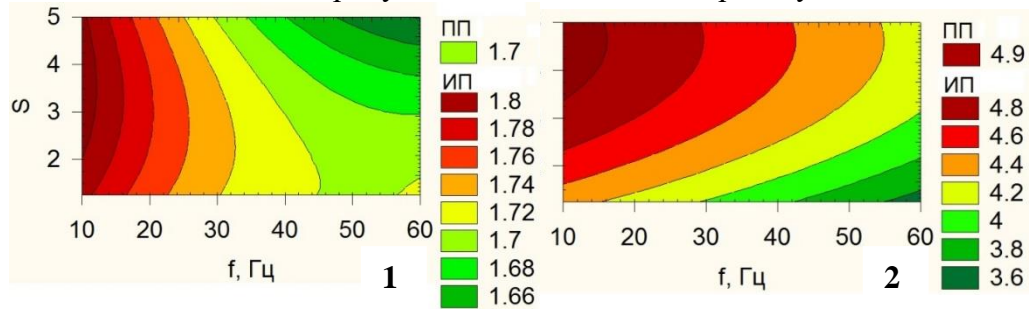


Рис.1 – Залежність висоти (1), ширини (2) наплавленого валика з імпульсною подачею електродного дроту від частоти та шпаруватості руху дроту

Слід вказати, що відносно новий в використанні процес з поперечними високочастотними коливаннями електродного дроту також відзначається можливістю впливати на форму наплавлення валика з метою поліпшення результатів адитивної технології особливо в частині збільшення ширини згаданого валика з малими значеннями його висоти.

Можливість якісного формування адитивної поверхні без хвилястості та занепадань проміжкових шарів це суттєвий вплив імпульсних, модульованих та коливальних режимів роботи зварювального обладнання але не єдиний. Є ще значний вплив на структуру наплавленого металу та зону термічного впливу цих режимів. Це стосується механічних властивостей адитивного наплавлення які зумовлені структурою наплавленого металу, яка є наслідком зменшення фракційної неоднорідності (різнодисперсності), зниження розмірів кристалітів, їх просторової орієнтації, тощо.

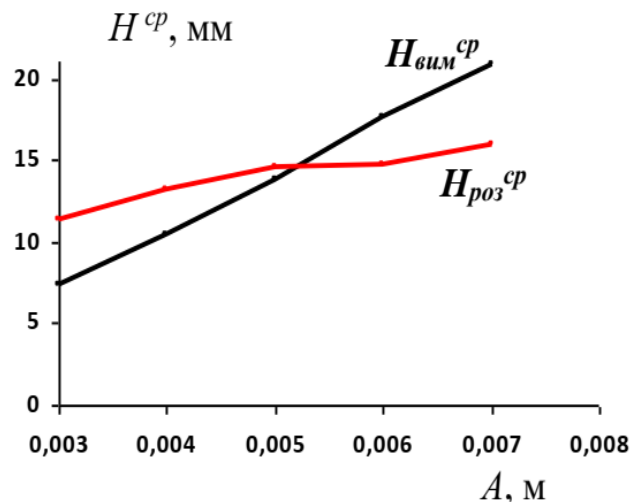


Рис. 2 – Графіки середніх значень ширини наплавленого валику виміряні  $H_{вим}^{cp}$  та розраховані  $H_{роз}^{cp}$  в залежності від амплітуди  $A$  коливань виробу

#### Список посилань

1. Wohlers T. Wohlers report 2014: Additive manufacturing and 3D-printing state of the industry: Annual world-wide progress report, Wohlers Associates, 2014. – 276 p.
2. Лебедев В.О. Вивчення особливостей механізованого електродугового наплавлення з періодичною зміною режимів процесу / Лебедев В.О., Тищенко В.О., Бриков М.М. // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2022. – №1. – с. 62-69.
3. Патон Б.Е. Изучение особенностей воздействия импульсной подачи электродной проволоки на результаты механизированной электродуговой сварки – наплавки / Патон Б.Е., Лебедев В.А., Жук Г.В., Пичак В.Г. //Технічні науки та технології. – 2020. – №3. – с.9-20.

4. Лебедев В.О. Практичне застосування дугового автоматичного наплавлення з керованими коливаннями виробу/ Лебедев В.О., Новиков С.В. // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали ХХ міжнародної науково-технічної конференції. Краматорськ – Тернопіль, 2022. – с.132-133.

5. Лебедев, В.А. Способы управления подачей электродной проволоки при дуговой механизированной сварке и наплавке / Лебедев, В.А., Жук Г.В., Драган С.В. // Обработка материалов у машинобудуванні. Збірник наукових праць НУК. – 2017. – №4. – с.43-52.

УДК 621.78

**Дубовий О. М., докт. техн.наук, професор**

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв,  
oleksandr.dubovyj@nuos.edu.ua

**Лебедев В. О., докт. техн. наук, професор**

**Лой С. А., старший викладач**

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, valpaton@ukr.net

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ПЛАЗМОВОМУ НАПИЛЕННІ ЗА РАХУНОК ВПЛИВУ НА ЇХ ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ**

Проблеми, пов'язані з теплозахистом робочих поверхонь різних деталей, що працюють в умовах підвищених та високих температур, можна зосередити на газотурбінних двигунах та установках.

Збільшення ККД газотурбінних двигунів та установок при заданому типорозмірі забезпечується підвищенням температури газу на вхід, що впливає на робочі органи згаданої техніки, зокрема лопатки, а це суттєво впливає на їх тепловий режим, зменшуючи при цьому час активної роботи.

Вирішення проблеми захисту вузлів та деталей газотурбінних двигунів та установок, які працюють в активній зоні і також є під дією регулярних теплових змін може відбуватися по наступним головним напрямкам:

- вибір оптимальної конструкції, яка підлягає дії високої температури та металевих матеріалів виробу;
- зміна теплових режимів роботи зі зменшенням теплових навантажень;
- нанесення спеціальних теплозахисних покриттів на найбільш проблематичні місця з дією теплових полів.

Можна зазначити, що перші два напрямки не є достатньо ефективними так як практично дуже важко знайти сплави які б забезпечили більш сприятливі умови для роботи в існуючих температурних умовах. Зміна теплових режимів приводить до зниження ефективності роботи газотурбінних двигунів та установок.

Використання спеціальних теплозахисних покриттів - це той напрямок підвищення працездатності зазначеної та іншої техніки, який потрібен для забезпечення надійної роботи вузлів та деталей, які в цілому визначають високі показники роботи агрегатів різного призначення.

Серед низки технологій та способів виконання теплозахисних покриттів плазмове напилення має суттєві переваги перед іншими за багатьма критеріями [1]. Зважаючи на це, розглянемо можливості підвищення теплозахисних властивостей покриттів, які можливо здійснити з урахуванням можливостей нових технологій, матеріалів, які напилюються та сучасного обладнання, елементи якого можуть бути цілеспрямовано застосовані в складі установок для напилення. Велика увага приділяється захисту металевих елементів

термоізоляційними покриттями, завдяки яким температура металу виявляється на 100-250 °С нижче температури продуктів згоряння.

Один з найголовніших напрямків вдосконалення теплозахисних плазмових покриттів це вибір чи розробка спеціальних складів порошків що напилюються. Це можна оцінити по матеріалах викладених в роботі [2], де представлені склади напилюваних матеріалів, що дають певний ефект при теплозахисті. Але це вибіркові рішення і вони повинні вдосконалюватись на базі експериментальних досліджень. Це саме стосується режимів плазмового напилення, середовища в якому відбувається процес та вибору транспортуючого газу. Вплив на отримання якісного теплозахисного покриття має і підготовка поверхні, на яку проводиться плазмове напилення і має деякі особливості.

Проблеми з виконанням теплозахисних покриттів, в тому числі при виготовленні та ремонті газотурбінних двигунів та установок, постійно актуальні, а особливо в теперішній період. Тому постійно вишукуються способи підвищення ефективності покриттів, які вже набули технологічно необхідного значення.

За останні часи з'явилося декілька інноваційних техніко – технологічних рішень, що дають змогу підвищити теплозахисні властивості плазмових та інших покриттів.

Насамперед треба вказати на застосування при плазмовому нанесенні покриттів передрекристилізаційної термічної обробки та її вплив на фізико-механічні властивості покриття, який зазначено в роботі [3], зокрема на його характеристики теплопровідності

Треба вказати, що про ефективність теплозахисних плазмових покриттів можна судити по теплопровідності захисного шару, зокрема коефіцієнту теплопровідності  $\lambda$ , залежність якого від основних параметрів теплового впливу має вигляд

$$\lambda = f(T_{pk}, t_{pk}) \quad (1)$$

де  $T_{pk}$ ,  $t_{pk}$  – час витримки та температура відповідно.

Можна спостерігати суттєве зниження коефіцієнту теплопровідності для вибраного типу матеріалу напилення. Але вираз (1) не враховує деякі інші джерела впливу на коефіцієнт теплопровідності, котрі можуть бути важливими.

Експериментальні дослідження для інших напилюваних матеріалів також в більшому чи меншому ступені дають ефект підвищення теплозахисних властивостей.

Треба відзначити дослідження щодо впливу імпульсних технологій, згаданих у роботі [3] при функціонуванні установок для напилення та її окремих складових на деякі можливості щодо коефіцієнту теплопровідності плазмового покриття. В імпульсному режимі установки можуть працювати як система живлення, так і система дозування подачі порошкового матеріалу, який напилюється. При застосуванні імпульсних алгоритмів роботи систем установки для плазмового напилення відбувається періодична зміна швидкості переміщення порошку та напруги процесу з певною (визначеною), частотою та шпаруватістю, що впливає на структуру напиленого шару і сприяє ефективній дії наступної операції передрекристилізаційної термічної обробки.

Потребує додаткового вивчення комбінованого або сумісного впливу на коефіцієнт теплопровідності декількох зазначених в цьому матеріалі та інших факторів, наприклад певних цілеспрямованих коливань виробу чи плазмотрона.

Треба вказати на режими подачі матеріалу (порошку) який напилюється. Так, підвищення швидкості транспортування порошку сумісно з передрекристилізаційною термічною обробкою при певних температурах та часу витримки також сприяє зниженню коефіцієнта теплопровідності плазмового покриття.

Потребує з'ясування механізм посилення теплозахисних властивостей напилених поверхонь при дії різних додаткових чинників зокрема передрекристилізаційного термічного впливу, дії імпульсних алгоритмів роботи систем напилюючих установок та ін.

На рис. 1 для прикладу дані мікроструктури напilenня без дії допоміжних факторів та при дії оптимальної передрекристалізаційної термічної обробки певних матеріалів та вибраних температурних та часових режимах.

Дуже важливо зазначити, що порівняльний аналіз мікроструктур, отриманих на оптичному металографічному мікроскопі, показав, що змін у структурі покриттів до і після термообробки не спостерігається.

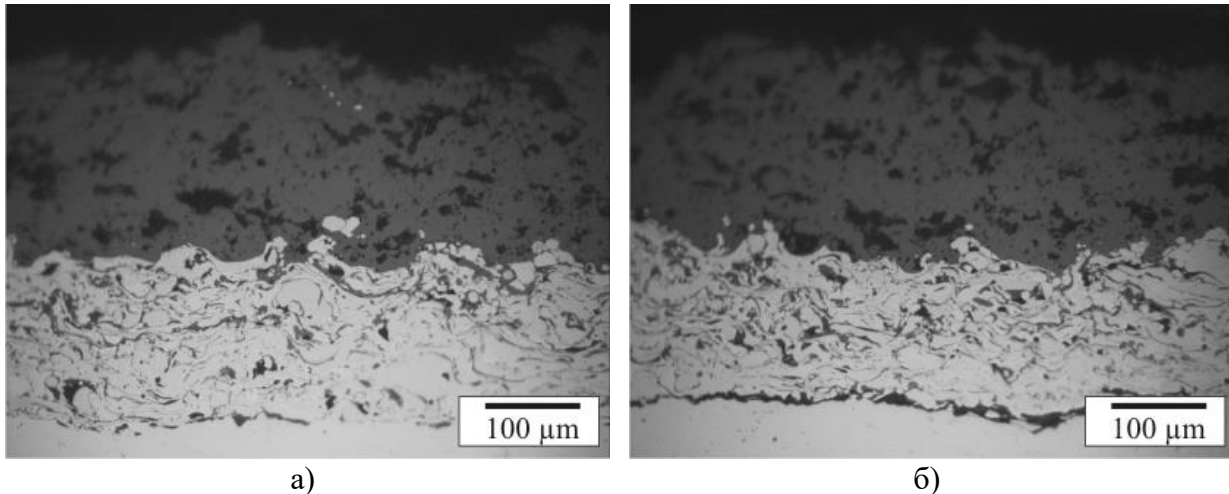


Рис. 1 – Мікроструктури теплозахисного покриття: а – після напilenня; б – після оптимальної передрекристалізаційної термічної обробки

Аналіз приведених результатів показує, що передрекристалізаційна термічна обробка забезпечує зниження коефіцієнта теплопровідності на 15 % (рис. 2). Оскільки пористість покриття не змінилася при термічній обробці (рис. 1), то зниження теплопровідності покриття забезпечується лише за рахунок субструктурних змін.

На закінчення треба вказати, що якість показників напilenня, які досліджуються в даному матеріалі суттєво залежить від умов ведення процесу.

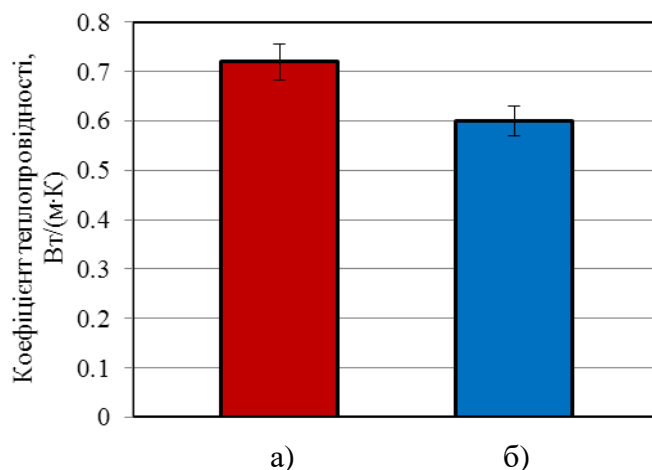


Рис. 2 – Результати визначення коефіцієнта теплопровідності плазмових теплозахисних покриттів з  $ZrO_2 - 7\% Y_2O_3$ : а – після напilenня, б – після оптимальної передрекристалізаційної термічної обробки

#### Список посилань

1. Лебедев В.О. Дослідження та оцінка термоциклічної стійкості плазмових ущільнюючих покриттів для вузлів газотурбінних установок/ Лебедев В.О, Дубовий О.М. Лой С.А. //Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2019. – №2. – с.39-46.
2. Володимир Лебедев. Можливості покращення якості плазмового напilenня при зміцненні та відновленні вузлів та деталей сільськогосподарської та іншої техніки / Володимир Лебедев, Сергій Лой, Володимир Співтаренко. // Технічні науки та технології. – 2022. – №1. – с. 92-100.
3. Антон Карпаченко. Наноструктурування кристалічних матеріалів та напilenних покриттів передрекристалізаційною термічною обробкою / Антон Карпаченко, Тетяна Макруха, Олександр Дубовий, Максим Бобров. //Технічні науки та технології. – 2022. – №3. – с.27-36



4. Лебедєв В.О. Плазмове напilenня з алгоритмами функціонування які змінюються / В. О. Лебедєв, С.А. Лой // //Інновації в суднобудуванні та океанотехніці. XIII Міжнародна науково-технічна конференція, 27-28 жовтня 2022 р. м. Миколаїв. – с.129-132.

УДК 62-503.55

**Лебедєв В. О.,** докт. техн. наук, професор  
**Лой С. А.,** старший викладач

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, valpaton@ukr.net

**Макаренко Н. О.,** докт. техн. наук, професор  
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

### ОСНОВНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ СПОСОБИ ЗОВНІШНЬОГО ПЕРІОДИЧНОГО ВПЛИВУ НА РОЗПЛАВ ВАННИ ТА ПРОЦЕС ПЕРЕНОСУ МЕТАЛУ ПРИ ЕЛЕКТРОДУГОВОМУ МЕХАНІЗОВАНОМУ ЗВАРЮВАННІ ТА ІНШИХ ПРОЦЕСАХ

Механізоване електродугове зварювання в теперішній час є одним з розповсюджених способів отримання нероз'ємного з'єднання різноманітних вузлів та деталей. Те саме відноситься до способів відновлення та зміцнення робочих поверхонь наплавленням. Розповсюдження процесів та відповідного обладнання зумовлює постійний пошук техніко-технологічних впливів на них з метою забезпечити підвищення продуктивності зварювання та наплавлення при гарантуванні високої якості при зменшенні витрат на виконання робіт, використання обладнання активних та допоміжних матеріалів.

З багатьох відомих способів періодичного впливу можна виділити дві основні групи: контактні способи введення обурення у ванну та безконтактні. Кожна з цих груп може бути поділена за низкою інших ознак. Ці способи укрупнено показані на рис. 1



Рис.1 – Способи зовнішнього періодичного впливу на розплав ванни та перенос металу при електродуговому механізованому зварюванні



Як приклад з групи контактних впливів можна навести зазначені на рис.1 способи механічних низькочастотних коливань виробу, ванни, або електродного дроту. Серед цих способів зварювання та наплавлення особливу увагу слід приділити декільком техніко – технологічним рішенням, які запропоновані в останній час і відзначаються ефективністю одночасно в кількох напрямках. Так спосіб наплавлення з керованими по параметрах коливаннями виробу, детально описаний в роботі [1] забезпечує суттєве розширення валика, який наплавляється, поліпшує структуру металу шва з забезпеченням високих показників твердості та стійкості при зношуванні.

Коливання електродного дроту які описані в роботі [2] забезпечують перенесення електродного металу дуже малими краплями за рахунок дії певних фізичних ефектів, також сприяють розширенню валика та вплив на структуроуворення наплавленого металу з зменшенням кристалітів, що певним чином дає умови для поліпшення ряду механічних характеристик наплавленого шару чи звареного шва.

Цікавою є розробка впливу на рідку ванну допоміжного вібратора [3]. Ця конструкція представлена схематично на рис. 2, ще маловідома і тому зупинимося на її опису трошки детальніше.

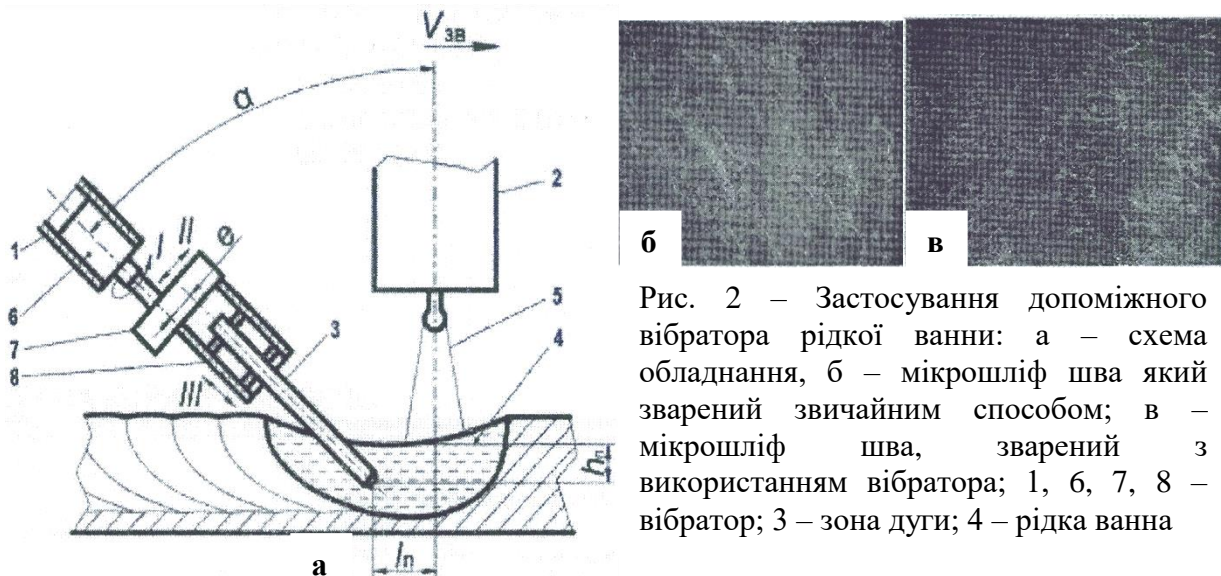


Рис. 2 – Застосування допоміжного вібратора рідкої ванни: а – схема обладнання, б – мікрошліф шва який зварений звичайним способом; в – мікрошліф шва, зварений з використанням вібратора; 1, 6, 7, 8 – вібратор; 3 – зона дуги; 4 – рідка ванна

Коливання допоміжного стержня, який в експериментальних дослідженнях виготовлявся з вольфраму (електроди обладнання для аргоно-дугового зварювання електродом, що не плавиться), відбуваються у розплавленому металі за допомогою ексцентрикового механізму з можливістю регулювання частоти та амплітуди коливань, що визначають ступінь впливу на процеси формування структури наплавленого металу із забезпеченням суттєвого поліпшення його механічних властивостей. В дослідженнях роботи цього пристрою встановлено, що найкращих результатів можна досягнути при певній періодичності його роботи та вибору розміщення стержня відносно зони дії дуги. Вплив цього способу зварювання та наплавлення окрім механічних випробувань можна оцінити по зміні структури металу на відповідних порівняльних мікрошліфах (X200) згаданого на рис.2.

Всі згадані способи зовнішнього періодичного впливу на розплав ванни потребують розробки та використання додаткових механізмів та технологій їх застосування.

Деякі з контактних способів мають вплив на процес плавлення електродного дроту. Коливання електрода чи імпульсний режим горіння дуги ефективно діють на перенесення розплавлених крапель металу. Це саме стосується і процесу з коливаннями виробу і як наслідок - коливаннями рідкої ванни.

Безконтактні способи зовнішнього періодичного впливу на розплав ванни та плавлення електродного дроту мають певні особливості. Це насамперед стосується застосування ультразвуку та магнітних полів, введення енергії яких викликає технічні труднощі. Малий обсяг зварювальної ванни і наявність джерела нагрівання з високою концентрацією енергії призводить до ускладнення конструкцій хвилеводів, розміщення елементів соленоїдів і впливає на технологічність процесу.

Зварювання з використанням ультразвуку має мале розповсюдження і застосовується лише для зварювання тонколистових металоконструкцій та виробів тиру фольги. Більш цікавою є використання ультразвукових коливань разом з іншими джерелами нагрівання, в тому числі електродугового зварювання. При цьому ультразвукові коливання в значній мірі впливають на процеси структуризації металу ванни з подрібненням кристалітів для отримання бажаної дрібнозернистої структури.

Застосування магнітних полів - досить розповсюджений спосіб безконтактного впливу на низку процесів при зварювання та наплавленні [4]. Звичайно застосовують різні типи полів та способи їх вводу. Зокрема імпульсний режим дії електромагнітного поля при зварюванні електродом, що плавиться, застосовують, як правило, переважно для управління процесом масопереносу електродного дроту, а також для збільшення щільності струму у ванні. Важлива функція магнітного поля полягає в здійсненні перемішування металеві ванни з отриманням певної її дегазації, видалення неметалевих сполук, забезпечення підвищеної щільності металу та інших його фізичних властивостей.

До комбінованих способів зовнішнього безконтактного впливу на процеси зварювання треба віднести навіть застосування променевих джерел нагрівання, які працюють у імпульсному режимі, як світлового, лазерного чи електронного променя, позбавлені ряду недоліків, які характерні окремим способам зварювання. Можна запропонувати комбіновану дію механічних коливань з впливом ультразвукового чи електромагнітного полів в імпульсному режимі роботи. Попередні дослідження в цьому напрямку при спеціально вибраних параметрах довели доцільність таких рішень.

Багато способів зовнішнього періодичного впливу на метал ванни при зварюванні, незважаючи на ряд отриманих позитивних ефектів, не знайшли широкого застосування у виробництві. Основною причиною, на наш погляд, є однотипність підходу, згідно з яким вироблялося будь-який вплив на зварювальну ванну і потім, шляхом порівнянь структури шва і властивостей отриманого з'єднання, визначався характер цього впливу. При цьому автори переслідували цілі такого плану:

- 1) досягнення підвищення продуктивності процесу зварювання;
- 2) поліпшення якості зовнішньої поверхні шва або зниження пористості в литому металі;
- 3) підвищення стабільності зварювального процесу та інші.

Але, також на наш погляд, є недосконалість або навіть відсутність технічних засобів за допомогою яких можна ефективно здійснювати виконання зазначених вище імпульсних методів впливу на процеси зварювання та наплавлення у виробництві.

#### Список посилань

1. Лебедев, В.А. Анализ параметров управления формированием структуры шва при воздействии механических колебаний низкой частоты на расплав сварочной ванны / Лебедев, В.А., Новиков С.В. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2017. – № 12. – с. 538-541.
2. Разработка технологии автоматической наплавки под флюсом с поперечными высокочастотными колебаниями электродной проволоки / [Лебедев В.А., Жук Г.В., Драган С.В., Симутенков И.В., Голобородько Ж.Г.]// Тяжёлое Машиностроение. – 2017. – №6. – с. 15-18.
3. Патент України на корисну модель № 138259. Спосіб формування структури металу шва. Лебедев В.О. Драган С.В., Галь А.Ф., Сімутенков І.В., Новіков С.В., Лой С.А. Опубл. 25.11. 19, бюл. №22;
4. Размышляев А. Д. Магнитное управление формированием швов при дуговой сварке / А. Д. Размышляев. – Мариуполь: ПГТУ, 2000. – 245 с.

УДК 621.791.1/8:621.791.94

Лук'янченко Є.П., наук. співробітник  
Майданчук Т.Б. канд. техн. наук, ст. дослідник, зав. відділу  
Люшенко В.М., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник  
Бондаренко А.М., зав. групи

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, [pw1\\_37@ukr.net](mailto:pw1_37@ukr.net)

## ЗВАРЮВАННЯ МІДІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТАЛОПОРОШКОВОГО ДРОТУ

Зварювання в середовищі захисних газів є одним із основних технологічних процесів з'єднання кольорових металів, найбільш просто вирішуючи задачі захисту металу зварювальної ванни від навколишнього середовища, а також забезпечуючи простоту та надійність автоматизації процесу.

Проте при зварюванні міді та її сплавів виникають серйозні труднощі. Крім необхідності застосування попереднього, а при великих товщинах і супутнього підігріву, що суттєво ускладнює процес зварювання, мідь схильна до підвищеного утворення пор у зварних швах основною причиною яких є утворення та виділення з металу зварювальної ванни водяної пари в результаті взаємодії водню з киснем. Тож основним заходом попередження пористості є активне розкислення металу зварювальної ванни, яке досягається насамперед правильним вибором присадного матеріалу [1].

Слід зазначити, що дроти для зварювання міді, які випускаються вітчизняною (МНЖКТ5-1-0,2-0,2; БрКМц3-1; БрХ0,7; БрХНТ та ін.) та зарубіжною (ОК Autrod19.12; ERCu/AWSA5.7)) промисловістю, незважаючи на задовільні зварювально-технологічні властивості, практично непридатні для зварювання виробів, де потрібна висока електро- та теплопровідність зварних швів, адже забезпечують лише 20-30% від рівня таких для металу, що зварюється.

Розроблені в ІЕЗ ім. Є.О. Патона для зварювання міді та її низьколегованих сплавів зварювальні дроти марок Св.МЛ0,2; Св.МБМг; Св.МЛМГБ; Св.МЛХМг забезпечують необхідні зварювально-технологічні та теплофізичні властивості зварних з'єднань. Невелика кількість (0,1-0,4%) активних розкислювачів та нітридоутворюючих елементів забезпечують високу електропровідність міді: до 75-85% від такої для чистої міді. Проте, на жаль, технологія виготовлення цих дротів досить складна і їх випуск налагоджений лише в експериментальному порядку.

Тож, в результаті експериментальних досліджень було розроблено металопорошковий дріт марки ПП-АНМ1, що забезпечує отримання наплавленого металу з вмістом легуючих добавок не більше 0,35% з показниками електро- та теплопроводності у 2,5-3 рази вище, ніж при зварюванні стандартними дротами. Крім того, виготовлення електродного матеріалу типу порошкового дроту є значно простішим та економічно вигідним. Використовуючи як оболонку мідну стрічку товщиною 0,8-1,0 мм і шириною 12-15мм, а основним наповнювачем сердечника мідний порошок, отримуємо металопорошковий дріт, до складу якого легко вводяться дозована кількість розкислювачів і, при необхідності, шлакоутворювальних компонентів.

Використання розробленого металопорошкового дроту марки ПП-АНМ1 найбільш ефективним виявилось при гелієводугловому зварюванні, забезпечуючи отримання щільного металу при багатопродільному зварюванні або багат шаровому наплавленні та мінімальне зниження електропровідності в зварному з'єднанні. Електропровідність металу шва при цьому не нижча за 60...70% від електропровідності міді. Наявність у присадному дроті дуже малої кількості шлакоутворювальних добавок, як правило, не вимагає видалення шлаку між проходами, що є істотною перевагою порівняно зі зварюванням покритими електродами.

Розроблений металопорошковий дріт та технологія зварювання була успішно впроваджена при виробництві роторів великих електричних машин на «Заводі великих електричних машин», м. Нова Каховка, а також під час ремонту мідних газо-кисневих камер дугових сталеплавильних печей на МЗ «Дніпросталь», м. Дніпро та є перспективними для зварювання шинопроводів та деталей з високими вимогами щодо тепло- та електропровідності металу швів.

### Список посилань

1. Ілюшенко В.М., Лукьянченко Е.П. (составители). Сварка и наплавка меди и сплавов на ее основе. (2013). Киев, Международная ассоциация «Сварка», 396.

УДК 538.95

Широкий Ю.В., канд. техн. наук, доцент  
Торосян О.В., асистент  
Жидєєв П.Р., аспірант

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», [o.tarasyan@khai.edu](mailto:o.tarasyan@khai.edu)

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОПИСУ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ

В роботі розроблено математичну модель для опису генерації температурних полів під час іонно-плазмової обробки поверхні міді при утворенні наноструктур у приповерхневих шарах. Проведені дослідження температурних полів при іонно-плазмовій обробці міді іонами кисню показують, що можливо створювати температурні поля з високими температурними градієнтами в заданій площині  $x=0,5 \lambda_m$ , при щільності струму  $J = 2,7 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$  з досить високими показниками температурних напружень ( $108 \text{ N/m}$ ), що і буде сприяти утворенню стабільних наноструктур. Створена теоретична модель являється регульованою та контролюваною. Вона буде затребуваною для удосконалення технологій отримання наноструктур плазмово-іонними методами.

Також, завдяки розробленій математичній моделі, було отримано структури температурних полів при іонно-плазмовій обробці міді великою кількістю іонів кисню для різних глибин проникнення часток (рис. 1).

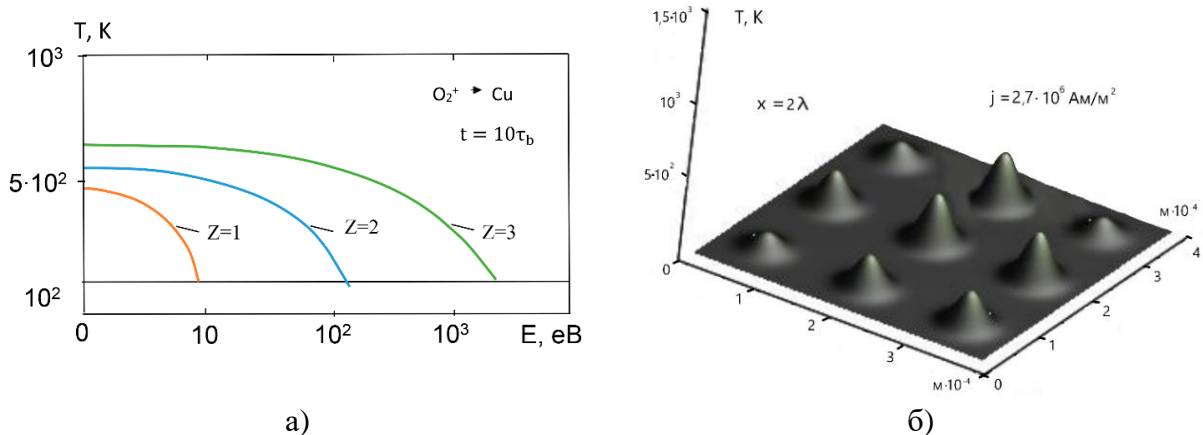


Рис. 1 – Залежність температури від енергії іонів при різних часах впливу а) та – розподіл температур при дії іонів кисню на мідь за різними глибинами б), при щільності струму  $J = 2,7 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$

Розроблена модель буде сприяти більш точному визначенню технологічних параметрів для утворення умов, що будуть сприяти стабільному росту наноструктур у приповерхневих шарах оброблюваних матеріалів. Розраховано температурні поля в зоні дії іонів для трьох

рівнів площини поверхневого шару в залежності від глибини проникнення іонів для різних часів їх взаємодії та при різних щільностях струму від  $2,7 \cdot 10^6$  до  $2,1 \cdot 10^8$  А/м<sup>2</sup>.

УДК 621.79:669.15

**Берднікова О.М., докт. техн. наук**  
**Кушнарєва О.С., канд. техн. наук**  
**Алексєєнко Т.О., канд. техн. наук**  
**Газнюк Ю.С., заст. зав. відділом**

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, ombberdnikova@gmail.com

**Гурнік О.О., викладач**

Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж інженерії та зв'язку НАУ»,  
м. Київ, olga.gurnick@gmail.com

### **ВПЛИВ СИСТЕМ ЛЕГУВАННЯ ЗВАРНИХ ШВІВ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ СТАЛІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

В оборонній промисловості при виготовленні відповідальних зварних вузлів і корпусів колісної броньової техніки використовують високоміцні сталі спеціального призначення (броньові). В значній мірі властивості зварних з'єднань таких сталей залежать від того, які структури утворюються в металі швів та зони термічного впливу (ЗТВ). Суттєво на це впливають режими зварювання, у тому числі системи легування зварних швів в залежності від типу присадкових дротів, що використовуються. Актуальною проблемою при зварюванні броньових сталей є забезпечення експлуатаційної надійності зварних з'єднань, а саме необхідного рівня механічних властивостей та тріщиностійкості металу.

Метою роботи було вивчення закономірностей структурно-фазових перетворень та параметрів структури зварного з'єднання броньової сталі марки 92 (0,3% С; 0,045% Si; 0,8% Mn; 2,2% Cr; 2,03% Ni; 0,06% Cu; 0,72% Mo; 0,2% V; 0,019% P; 0,008% S) при використанні зварювальних дротів ферито-перлітного (Св-08Г2С) та аустенітного типів (Св-08Х20Н10Т). Зварювання проводили без попереднього підігріву в середовищі захисних газів Ar+CO<sub>2</sub> на режимах I<sub>св</sub>=180...210 А; U<sub>д</sub>=28...32 В; V<sub>св</sub>=15...18 м/ч. Робота проводилась з використанням комплексу методів досліджень: світлової мікроскопії (Versamet-2, Neophot-32), аналітичної растрової мікроскопії (СЭМ515, фірми «PHILIPS», Нідерланди) та просвічувальної електронної мікроскопії (JEM-200СХ, фірма JEOL, Японія).

Структура металу шва у зварному з'єднанні спеціальної сталі 92 із використанням Св-08Г2С бейнітно-феритна (Б-Ф) із шириною кристалітів h<sub>кр</sub> = 7...40 мкм та феритними прошарками h(Ф<sub>пр</sub>) = 15 мкм. Мікротвердість Б-Ф структури у центрі шва складає HV<sub>0,1</sub> = 2540...2640 МПа. У ЗТВ формується бейнітно-мартенситна (Б-М) структура зі зменшенням розмірів пакетів від D<sub>п</sub> = 20...50 мкм до D<sub>п</sub> = 7...25 мкм при переході від I ділянки перегріву (I ділянка ЗТВ) в ділянку рекристалізації (IV ділянка ЗТВ). Також відбувається зниження мікротвердості (HV) від 3830...5140 МПа до 2850...3830 МПа.

Структура металу шва зварного з'єднання з Св-08Х20Н9Г7Т має аустенітну структуру з розміром зерна D<sub>з</sub> = 10...35 мкм і HV = 2380...2410 МПа. Як і в попередньому випадку при переході від ЗТВ до основного металу зменшується розмір пакетів від D<sub>п</sub> = 15...55 мкм (I ділянка) до D<sub>п</sub> = 10...25 мкм (IV ділянка) та, відповідно, змінюється HV від 3830...5140 МПа до 2850...3660 МПа.

Фрактографічними дослідженнями характеру руйнування металу зварних з'єднань сталі 92 встановлено, що при використанні Св-08Г2С після випробувань на уповільнене руйнування при навантаженні P = 150 кг (час навантаження t=10 хв.) характер руйнування переважно міжзеренний - крихкий відкол (80%). Також присутні одиничні ділянки в'язкої складової (до 20%). Після випробувань на уповільнене руйнування при P = 250 кг (t=10 хв.)



в ділянці прискороного розвитку тріщини характер руйнування змішаний: міжзеренне, внутрішньозеренне квазікрихке та в'язке руйнування (50%).

При використанні Св-08Х20Н9Г7Т в зварному з'єднанні після випробувань на уповільнене руйнування при навантаженні  $P = 350$  кг ( $t=10$  хв.) характер руйнування змішаний: з ділянками локальних ділянок в'язкого (45...50%) та дисперсного внутрішньозеренного квазікрихкого (20...25%).

Дослідженнями тонкої структури металу зварного з'єднання броньової сталі марки 92 при використанні св-08Г2С встановлено, що в металі шва формується структура з відносно невеликими градієнтами щодо параметрів субструктури та щільності дислокацій. В металі шва для фериту (Ф)  $h \times lc = 0,2...0,8 \times 0,7...1,8$  мкм, для бейніту нижнього (Бн)  $0,39...1,07 \times 0,46...1,22$  мкм та для бейніту верхнього (Бв)  $0,2...0,58 \times 0,6...0,65$  мкм з  $\rho = 4 \times 10^9...10^{10} \text{ см}^{-2}$ . В І ділянці ЗТВ субструктура для Бн, Бв та відпущеного мартенситу (Мвід) складає Бн -  $h \times lc = 0,13...0,73 \times 0,19...0,96$  мкм, Бв -  $h \times lc = 0,34...0,85 \times 0,68...1$  мкм та Мвід -  $h \times lc = 0,19...0,66 \times 0,57...2,32$  мкм, спостерігається підвищення щільності дислокацій до  $\rho = 4 \times 10^{10}...9,3 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$ .

При використанні Св-08Х20Н9Г7ТВ виявлено, що в металі зварного шву формується аустенітна структура з субструктурою з розмірами  $dc = 0,2...0,82$  мкм та  $\rho = 10^9...8 \times 10^9 \text{ см}^{-2}$ . В І ділянці ЗТВ формується субструктура Бн при  $h \times lc = 0,1...0,65 \times 0,2...1,4$  мкм, Бв -  $h \times lc = 0,23...0,8 \times 0,7...1,19$  мкм та Мвід -  $h \times lc = 0,2...0,7 \times 0,6...2$  мкм з відносно невеликими градієнтами щодо щільності дислокацій ( $\rho = 4 \times 10^{10}...9,3 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$ ).

На базі експериментальних досліджень зварних з'єднань броньової сталі марки 92 при використанні різних типів зварювальних присадкових дротів (Св-08Г2С та Св-08Х20Н10Т), проведено аналітичні оцінки зміни показника зміцнення ( $\Sigma\sigma_T$ ) металу І ЗТВ (ділянка перегріву) з урахуванням внеску кожного із структурних параметрів.

Встановлено, що в металі І ЗТВ при використанні Св-08Г2С  $\Sigma\sigma_T = 1240$  МПа найбільший внесок в метал шва вносять: твердорозчинне ( $\Delta\sigma_{т.р.} = 285$  МПа), субструктурне ( $\Delta\sigma_C = 311$  МПа) та дислокаційне зміцнення ( $\Delta\sigma_D = 272$  МПа), (рис. 1).

В металі І ЗТВ зварного з'єднання сталі 92 при використанні Св-08Х20Н10Т середнє розрахункове значення зміцнення становить  $\Sigma\sigma_T = 1282$  МПа. Основний внесок у  $\Sigma\sigma_T$

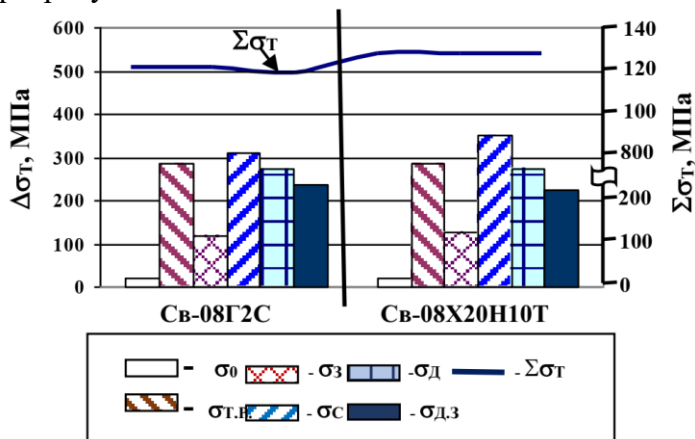


Рис. 1 – Диференційний внесок окремих структурних параметрів: розміру зерен, субзерен, карбідних фаз, щільності дислокацій в зміцнення ( $\Sigma\sigma_T$ ) металу зварних з'єднань сталі 92 з дротом Св-08Г2С та Св-08Х20Н10Т

вносять: зміцнення за рахунок твердого розчину ( $\Delta\sigma_{т.р.} = 285$  МПа), субструктурне ( $\Delta\sigma_C = 352$  МПа) та дислокаційне зміцнення ( $\Delta\sigma_D = 272$  МПа), (рис. 1).

Слід відмітити, що у зварних з'єднаннях спеціальної броньової сталі 92 при використанні присадкових дротів ферито-перлітного (Св-08Г2С) та аустенітного типів (Св-08Х20Н10Т), найбільші показники структурного зміцнення металу ЗТВ забезпечують структурні складові бейніту нижнього та мартенситу відпуску.

УДК 621.791.72

Кушнарьова О.С., канд. техн. наук  
Бердікова О.М., докт. техн. наук  
Половецький Є.В., канд. техн. наук  
Алексєєнко І.І. молод. наук. співробітник  
Кушнарьова Т.М., наук. співробітник

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, olgakus@meta.ua

## МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ШВИДКОРІЗАЛЬНОЇ СТАЛІ ІСПУЛЬСНО-ПЛАЗМОВОЮ ОБРОБКОЮ

В сучасній машинобудівній промисловості актуальним є підвищення ресурсу працездатності інструментів, які виготовлені із швидкорізальної сталі. Важлива задача - це забезпечення максимального зміцнення металу на робочій поверхні за рахунок утворення модифікованого шару [1-2]. Для цього використовують методи обробки робочої поверхні для отримання структури, яка сприяє підвищенню експлуатаційних характеристик виробу та його тріщиностійкості. До сучасних методів зміцнення поверхневих шарів відносяться імпульсно-плазмова, лазерна, лазерно-плазмова обробки, тощо [3-4].

У даній роботі представлені результати досліджень поверхневих шарів інструментальної швидкорізальної сталі Р6М5 (після попередньо термічної обробки – гартування та відпуск) з застосуванням різних режимів імпульсно-плазмової обробки (ІПО): режим I – пряма дія імпульсного електричного розряду (відстань від плазмотрону до зразка 60 мм); режим II – непряма дія електричного розряду (відстань від плазмотрону - 30 мм). Імпульсно-плазмова обробка виконувалась в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ у відділі «Нових фізико-хімічних способів зварювання».

Комплексними дослідженнями, що включають світлову мікроскопію (Versamet-2), аналітичну растрову (СЕМ-515, фірми PHILIPS, Нідерланди) і просвічувальну електронну мікроскопію (JEM-200СХ, фірма JEOL, Японія), вивчено структурно-фазові перетворення; зеренну та субзеренну структури, щільність дислокацій, та інше. В роботі використовувався підхід аналітичного розрахунку локальних внутрішніх напружень в поверхневих шарах швидкорізальної сталі при різних режимах імпульсно-плазмової обробки [4-5]. Саме локальні внутрішні напруження в елементах структури в основному є причиною руйнування поверхневих шарів в процесі експлуатації виробів.

В результаті обробки імпульсною плазмою швидкорізальної сталі Р6М5 на поверхні металу утворюється шар глибиною до 40 мкм з дисперсною аустенітно-мартенситною структурою з розміром пакетів (зерна)  $D_z = 5...25$  мкм та мікротвердістю  $HV = 6200$  МПа.

При обробці поверхні сталі Р6М5 на режимі I параметри субструктури поверхневого шару мають розмір  $0,35...0,5$  мкм (рис. 1, а). У порівнянні з основним металом спостерігається загальне зниження щільності дислокацій в аустеніті ( $\rho = 108...109$  см<sup>-2</sup>) та в мартенситі ( $\rho = 109...1010$  см<sup>-2</sup>). Методом ТЕМ по границях зерен залишкового аустеніту і карбідів виявлені зародки мікротріщин. У таких зонах формуються дислокаційні скупчення при підвищенні щільності дислокацій до  $\rho = (2...4) \times 1010$  см<sup>-2</sup>.

Оцінка локальних внутрішніх напружень (тл/вн) показала їх найбільші значення на границях сполучення мартенситу з карбідами (М/К) - тл/вн =  $5600...7400$  МПа ( $0,67...0,9$  від теоретичної міцності (теор)). Градієнти локальних внутрішніх напружень ( $\Delta$ тл/вн) по границях цих структурних елементів досягають  $5200...7000$  МПа. Вони є потенційними джерелами тріщиноутворення (рис. 1, в).

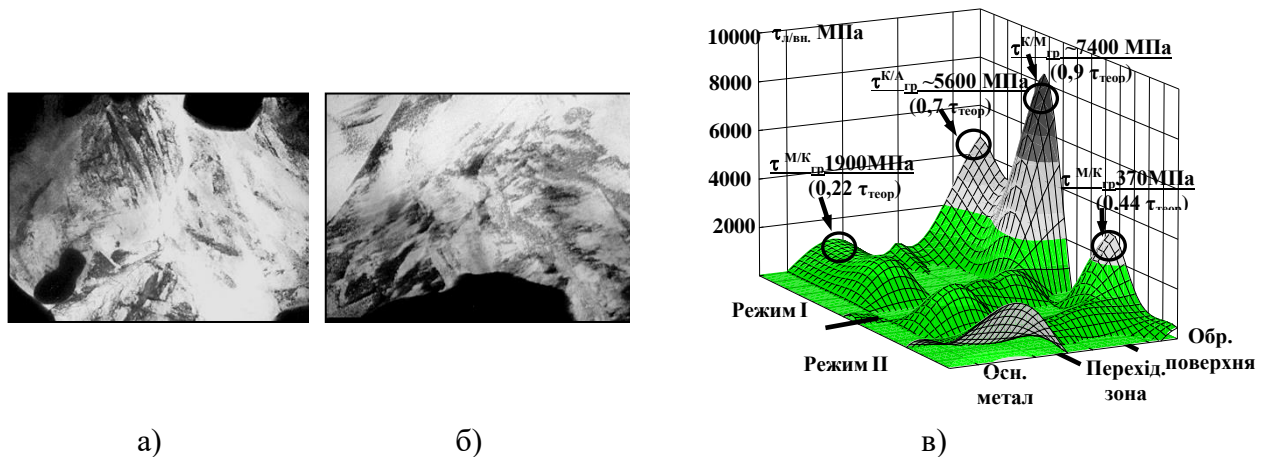


Рис. 1 – Тонка структура поверхневого шару зразків з швидкорізальної сталі Р6М5 після імпульсно-плазмової обробки: а – Режим I ( $\times 20000$ ); б – Режим II ( $\times 30000$ ); в – рівень локальних внутрішніх напружень  $\tau_{л/вн}$  в основному металі, перехідній зоні та обробленій поверхні (К/М, К/А – границі сполучення структур карбід-мартенсит, карбід-аустеніт, відповідно)

Імпульсно-плазмова обробка поверхні сталі Р6М5 на режимі II призводить до диспергування (у 1,5...2 рази) аустенітно-мартенситної структури ( $D_z=1,5...5\text{мкм}$ ) по глибині модифікованого шару до 40 мкм (від поверхні) та збільшення мікротвердості на 20% (HV до 9200 МПа). Субструктура, що формується подрібнюється до 0,16 мкм при щільності дислокацій в аустеніті  $\rho = 4 \times 10^9 \text{ см}^{-2}$  та мартенситі  $\rho = 2 \times 10^{11} \text{ см}^{-2}$  (рис. 1, б). У зміцненому шарі виявлено карбіди типу  $\text{Me}_6\text{C}$  глобулярної форми  $(\text{FeCr})_3(\text{W}, \text{Mo})_3\text{C}$  переважно з вольфрамом, з розміром частинок  $d_{\text{ч}}=0,21...2\text{мкм}$ .

Аналітичною оцінкою локальних внутрішніх напружень не виявлено формування їх ризьких градієнтів ( $\tau_{л/вн}=1480...3700\text{МПа}$ ,  $(0,018...0,44)\tau_{\text{теор}}$ ). При цьому максимальні значення  $\tau_{л/вн}=3700\text{МПа}$  на границях М/К не представляють небезпеки для тріщиноутворення (див. рис. 1, в).

На основі проведених експериментальних досліджень та аналітичних оцінок локальних внутрішніх напружень в структурі металу модифікованої поверхні швидкоріжучої сталі Р6М5 встановлено, що імпульсно-плазмова обробка непрямой дії імпульсної дуги (режим II) покращує структурно-фазовий стан поверхні та приводить до таких структурних змін, які забезпечують тріщиностійкість виробів.

#### Список посилань

1. Тюрин Ю. Н. Плазмові зміцнюючі технології / Ю. Н. Тюрин, М. Л. Жадкевич. – Київ: Наук. думка, 2008. – с. 218.
2. Grimaldis D. Wear characteristics of a diffusion bonded sintered steel with short term surface treatments / D. Grimaldis, T.S. Eyre // *Wear*. – 2007. – vol. 262 – P.93–103.
3. Коротков В.А. Плазменная закалка сканируемой дугой без оплавления / В.А. Коротков, О.В. Трошин, А.А. Бердников // *Физика и химия обработки материалов*. – 1995. – №2 – С. 101–106.
4. Berdnikova O. Structure Peculiarities of the Surface Layers of Structural Steel under Laser Alloying / O. Berdnikova, O. Kushnarova, A. Bernatskiy, T. Alekseenko, Y. Polovetskiy, M. Khoklov // 2020 IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP). – 2020. – P. 02IT01-1-02IT01-4.
5. Berdnikova O. Structure features of surface layers in structural steel after laser-plasma alloying with 48(WC–W2C) + 48Cr + 4Al powder / O. Kushnarova, A. Bernatskiy, Ye. Polovetskiy, V. Kostin, M. Khokhlov // 2021 IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP). – 2021. – P. 1–4.



УДК 621.791.4

Фальченко Ю.В., докт. техн. наук  
Петрушинець Л.В., канд. техн. наук  
Федорчук В.Є., канд. техн. наук  
Пузрін О.Л., мол. наук. співр.  
Алексєєнко І.І., мол. наук. співр.  
Махненко О.О., інженер

Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, falchenko@paton.kiev.ua

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИФУЗІЙНОГО ЗВАРЮВАННЯ В ВАКУУМІ НА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ З'ЄДНАНЬ З МАГНІЄВОГО СПЛАВУ МА2

Магній та його сплави знайшли широке застосування в різних секторах промисловості. Висока питома міцність даних сплавів робить їх перспективними для виготовлення елементів блоків двигунів та конструкційних частин машин. Оскільки магній набуває все ширшого застосування у виготовленні різноманітних вузлів, існує потреба в розробці методів з'єднання, які б забезпечили відповідні властивості отриманих елементів конструкцій. У цьому відношенні дифузійне зварювання у вакуумі (ДЗВ) є привабливою технологією, оскільки воно дозволяє уникнути деградації матеріалу під час з'єднання, на відміну від традиційних процесів зварювання плавленням.

В роботі проводились дослідження з ДЗВ магнієвого сплаву МА2, оцінка якості отриманих з'єднань проводилась на основі результатів металографічних досліджень. Параметри режиму задавали наступні: температура 420 ... 560 °С, тиск 5 МПа, витримка 30 ... 60 хв. Зварювання проводили через фольги з Cu, Ti і Ni товщиною 50 мкм. Було показано, що при зварюванні без проміжних прошарків навіть при підвищенні температури процесу до 560 °С не вдається отримати якісні з'єднання: між поверхнями, що зварювались, спостерігались лише окремі ділянки схоплювання. При зварюванні через мідну фольгу на границі МА2/Cu спостерігається формування окремих пор та інтерметалідної фази системи Mg-Cu у вигляді білих виділень, поява яких є результатом активної дифузії атомів міді вздовж границь зерен в магнієвий сплав. Проведення процесу зварювання з використанням фольги Ni чи Ti дає подібні результати. В обох випадках відсутня помітна взаємодія матеріалу фольги з основним металом, границя контакту між магнієвим сплавом і прошарком має чіткий обрис. При цьому у випадку використання фольги з титану зона з'єднання менш дефектна, ніж при використанні нікелевої фольги.

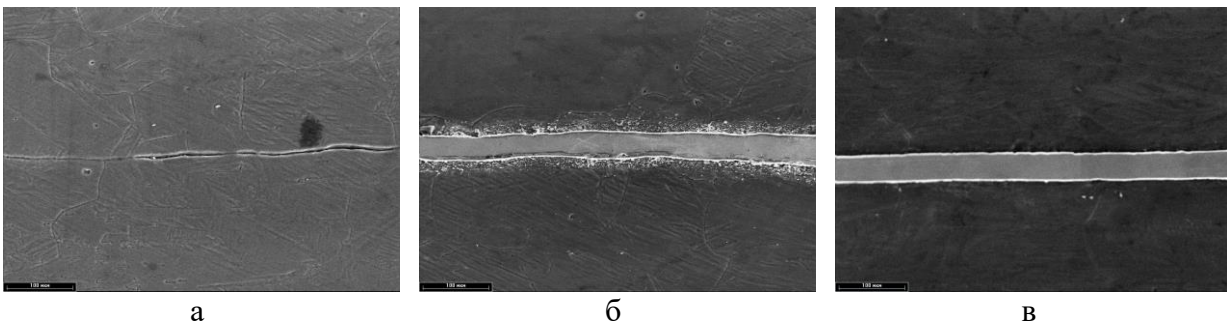


Рис. 1 – Мікроструктура зварних з'єднань зі сплаву МА2, отриманих без (а) і через проміжний прошарок з Cu (б) та Ti (в) на режимі:  $T_{зв} = 420$  °С,  $P_{зв} = 5$  МПа,  $t_{зв} = 30$  хв

Виходячи з отриманих результатів можна зробити висновок, що при безпосередньому зварюванні магнію в зоні з'єднання формується ланцюжок поздовжніх пор. Використання проміжних прошарків з Ti і Ni є досить перспективним, так як дозволяє знизити дефектність з'єднань.

УДК 621.791.4

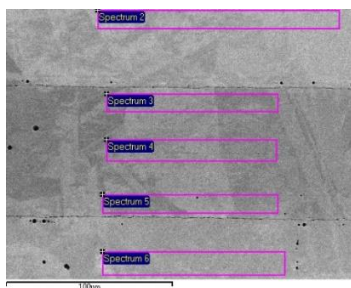
Петрушинець Л.В., канд. техн. наук  
 Фальченко Ю.В., докт. техн. наук  
 Мельніченко Т.В., докт. техн. наук  
 Федорчук В.Є., канд. техн. наук

Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, [petrushynets@paton.kiev.ua](mailto:petrushynets@paton.kiev.ua)

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОЕНТРОПІЙНОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ CrMnFeCoNi ПРИ ДИФУЗІЙНОМУ ЗВАРЮВАННІ У ВАКУУМІ СПЛАВУ EI437Б

Жароміцні сплави на нікелевій основі широко застосовуються в різних галузях промисловості. Для виготовлення та ремонту деталей з них в процесі експлуатації існує необхідність в розробці надійних методів зварювання. Новим перспективним матеріалом для застосування при дифузійному зварюванні в якості проміжних прошарків є фольги з високоентропійних сплавів (ВЕС), які мають в своєму складі основні елементи, що входять до складу жароміцних сплавів.

В даній роботі проводились дослідження можливості використання прошарків у вигляді фольги з ВЕСу системи CrMnFeCoNi при дифузійному зварюванні у вакуумі жароміцного сплаву на нікелевій основі EI437Б. Сплав CrMnFeCoNi виготовлено в ІПМ НАН України методом електродугового плавлення в атмосфері очищеного аргону. Дифузійне зварювання нікелевого сплаву EI437Б проводили на режимі: температура 1050 °С, тиск 20 МПа, тривалість витримки 20 хв. Аналіз мікроструктури отриманих з'єднань показує, що в стику формується зона з'єднання товщиною ~ 70 мкм, вздовж межі розділу EI437Б/ВЕС спостерігаються ланцюжки дрібних пор, наявність яких може бути результатом незбалансованих дифузійних потоків між основним матеріалом і проміжним прошарком (рис. 1, а). ВЕС забезпечує формування доволі однорідної за хімічним складом дифузійної зони з монотонним характером розподілу основних легуючих елементів (рис. 1, б).



а

Номер спектру	Вміст елементів, % ваг.						
	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
2	0,70	2,49	20,71	–	0,76	–	75,34
3	–	–	19,27	15,95	20,00	21,04	23,74
4	–	–	19,33	18,74	20,52	21,52	19,90
5	–	–	19,86	14,88	19,61	21,32	24,33
6	0,83	2,85	21,17	–	0,72	–	74,43

б

Рис. 1 – Мікроструктура (а) та розподіл елементів (б) в зварному з'єднанні EI437Б + ВЕС CrMnFeCoNi + EI437Б

Методом інструментального індентування були визначені характеристики твердості та модуля пружності різних ділянок з'єднання після зварювання. Відповідно до даних твердості (2,72 ... 3,2 ГПа) та модуля пружності (195 ... 225 ГПа) видно, що було отримано досить однорідне за своїми властивостями з'єднання. Після зварювання твердість і модуль пружності шару ВЕС близькі до значень основного матеріалу.

Таким чином, можна зробити висновок, що використання при дифузійному зварюванні жароміцного сплаву EI437Б фольги з ВЕСу CrMnFeCoNi не призводить до утворення в стику крихких інтерметалідних фаз, що можуть призвести до руйнування з'єднань. Також в процесі зварювання відбувається вирівнювання характеристик твердості та модуля пружності різних ділянок з'єднання, вони стають близькі за своїми фізико-механічними властивостями.

УДК 621.791: 621.785: 539.4

**Копилов В.І., докт. техн. наук, професор**  
**Кузін О.А., докт. техн. наук, доцент**  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
**Кузін М.О., докт. техн. наук, професор**  
Національний університет «Львівська політехніка»,  
Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз, kuzin.nick81@gmail.com

## **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ РОЗСІЯНИХ ПОШКОДЖЕНЬ В НЕРОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАННЯХ РЕЙОК ПРИ ТЕРМІТНОМУ ЗВАРЮВАННІ**

Розвиток швидкісного залізничного транспорту збільшує використання термітного зварювання. Незначні відхилення від оптимальних режимів технологічного процесу сприяють утворенню поперечних тріщин у підшвах рейок. Їх усунення досягається застосуванням технологій створення поверхонь поділу із такими термодинамічними, фізичними і механічними параметрами, які затримують перехід від розсіяних до локалізованих пошкоджень при дії технологічних і експлуатаційних навантажень. Управління структурно-енергетичним станом поверхонь поділу нероз'ємних з'єднань вимагає врахування багаторівневого характеру їх структури, наявності в ній різноякісних елементів, що описують атомно-кристалічну і дефектну будову, встановлення зв'язку між енергетичними характеристиками поверхонь поділу та їх опором утворенню міжзеренних пошкоджень [1].

Вивченням структури центральної частини зони нероз'ємного з'єднання рейок Р65 виявлено, що найбільше перліту знаходиться у верхній частині головки рейки, а найменше – у підшві. Розмір ділянок фериту складає 76,16 мкм у головці рейки і 217,74 – у підшві [2].

Аналіз напружено-деформованого стану литої сталі зварного з'єднання показав, що енергетично рівноважними, та найбільш міцними є потрійні стики, в яких кути між границями зерен ( $\lambda$ ), що їх утворюють, відповідають  $120^\circ$  [3]. У випадку відмінності кутів від  $120^\circ$  можлива енергетична нерівність енергії границь, що приводить до появи градієнту властивостей в зоні стику. Знаходження  $\lambda$  в межах  $140^\circ \dots 180^\circ$  вказує на відсутність термодинамічної рівноваги в стику, суттєву різницю енергій границь, що його формують і здатність до утворення дефектів в умовах навантаження.

Аналізом кутів в центральній частині нероз'ємного з'єднання виявлено зростання частки поверхонь поділу зерен фериту з більшою величиною енергії у підшві рейки, які здатні до утворення міжзеренних пошкоджень.

Дослідженнями зносотривкості встановлено її найбільше значення у верхній частині головки рейки. Інтенсивність зношування підшви зростає на 50..55%. Наявність у підшві рейки потрійних стиків з кутами між поверхнями поділу зерен  $160^\circ \dots 180^\circ$  пов'язано із суттєвою різницею енергій, їх здатністю до утворення міжзеренних пошкоджень. Це є одним із вирішальних факторів, який сприяє появі поперечних тріщин в підшвах рейок після термітного зварювання.

### **Список посилань**

1. Kopylov V. Improving contact durability of polycrystalline systems by controlling the parameters of large-angle grain boundaries/ V. Kopylov, O. Kuzin, N. Kuzin// Eastern-European Journal of enterprise technologies. – 2019. - № 5/12 (101). – P. 14-22.
2. Копилов В.І. Особливості мікроструктури і утворення дефектів в рейкових з'єднаннях при термітному зварюванні / Копилов В.І., Кузін О.А., Кузін М.О., Єрко О.О., Люшенко Є.О. // Матеріали VI-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу – 2020», випуск 6. – Херсон: ХНТУ, 2020. – С. 38-39.
3. Kuzin O. Continual description of polycrystalline systems taking into account their structure/ O. Kuzin, B. Lukiyanets, N. Kuzin// Технологический аудит и резервы производства. – 2019. - № 1/1 (45). – С. 25-30.

УДК: 621.791.36

Максимова С. В., докт. техн. наук, професор

Воронов В. В., канд. техн. наук

Ковальчук П. В., доктор філософії

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ,

maksymova.svitlana15@ukr.net

## ПРИПОЇ ДЛЯ ВАКУУМНОГО ПАЯННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Алюміній та його сплави завдяки своїм перевагам, а саме невеликій питомій вазі у поєднанні з високою міцністю, високою стійкістю до корозії, а також хорошою тепло- та електропровідністю широко використовуються у багатьох галузях сучасної промисловості.

Відомо, що однією з головних труднощів при з'єднанні алюмінієвих сплавів, як за допомогою зварювання, так і з використанням паяння, є наявність на поверхні щільної і дуже стійкої оксидної плівки  $Al_2O_3$ , яка є основною перешкодою для змочування основного матеріалу [1-3].

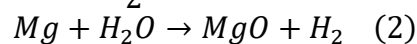
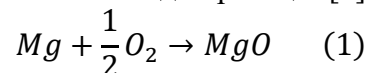
Більшість промислових припоїв для паяння алюмінію побудована на базі системи Al-(6...12)Si і при паянні в вакуумі вимагає введення у склад додаткових елементів-активаторів (Mg, Bi і т. ін.) [3]. До того ж відносно висока температура плавлення таких припоїв (близько 560...610 °C) [1, 2] накладає додаткові обмеження на використання для паяння легованих і термічно-зміцнюваних алюмінієвих сплавів через близькість температури паяння до температури солідусу.

В якості альтернативних систем для розробки припоїв можна розглянути евтектичні системи Al-Ge і Al-Cu, в яких мінімальна температура складає відповідно 420 °C та 546 °C [4].

Мета даної роботи полягала в дослідженні температурного інтервалу плавлення сплавів системи Al-Cu-Si-Mg і міцності паяних з'єднань, що отримані шляхом вакуумного високотемпературного паяння алюмінієвого сплаву.

В якості основного матеріалу для проведення експериментальних досліджень використовували пластинчаті зразки сплаву 3003 (Al-1...1,5 Mn), який широко застосовується при виробництві різноманітних теплообмінних пристроїв, зокрема, при виготовленні кондиціонерів, холодильників та інших систем.

В якості базової системи припою обрано евтектичний сплав Al-Cu, додатково легований магнієм та кремнієм. В даному випадку легування магнієм застосовано, з одного боку, для зниження парціального тиску залишкового кисню та парів води, бо як відомо випаровуючись магній взаємодіє з ними згідно реакцій [3]:



З іншого боку, магній безпосередньо реагує з  $Al_2O_3$  з утворенням оксидів MgO та  $MgAl_2O_4$ , що призводить до руйнування оксидної плівки, полегшуючи подальше змочування розплавленим припоєм поверхонь, які паяються [3, 5].

Експериментальні припої виплавляли дуговим способом на холодній підкладці в атмосфері аргону. Для кожного з експериментальних сплавів визначали температури солідусу і ліквідусу за допомогою високотемпературного диференційного термічного аналізу з застосуванням установки ВДТА-8М. За результатами отриманих термічних кривих визначено перспективний сплав Al-Cu-Si-3Mg, температура ліквідусу якого не перевищує 525 °C (рис. 1).

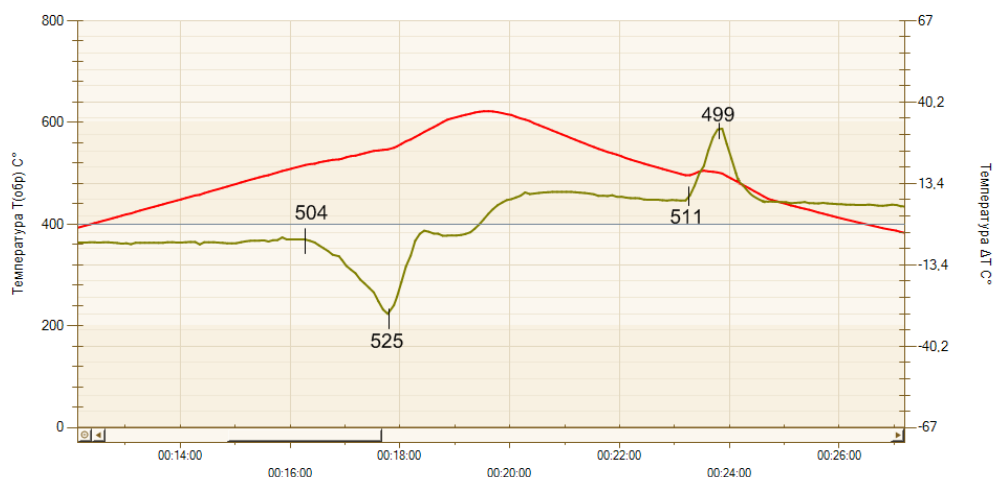


Рис. 1 – Термічна крива сплаву Al-Cu-Si-3Mg, що отримана шляхом високотемпературного диференційного термічного аналізу

При паянні зразків алюмінієвого сплаву 3003 з використанням даного експериментального припою отримано якісні паяні з'єднання без видимих дефектів. При цьому міцність на зсув паяних з'єднань знаходиться на рівні 0,6...0,8 від міцності основного матеріалу. Руйнування зразків відбувається по припою (рис. 2, а).

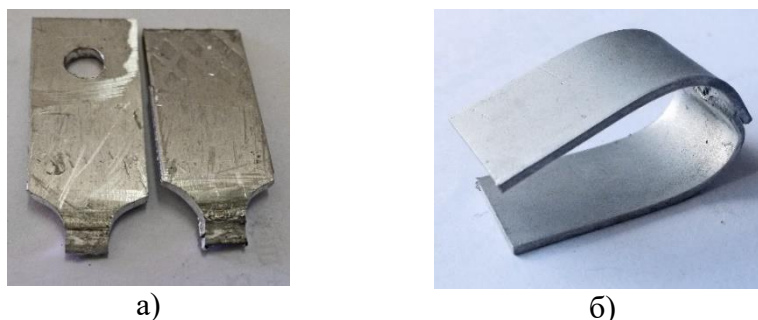


Рис. 2 – Напускні зразки зі сплаву 3003, що отримані з використанням припою системи Al-Cu-Si-Mg, після механічних випробувань: на зсув (а) і на триточковий згин (б)

При випробуванні паяних з'єднань на триточковий згин кут становить 180 градусів (див. рис. 2, б).

В ході виконання досліджень визначено оптимальний припій системи Al-Cu-Si-Mg, що характеризується зниженою температурою ліквідусу та забезпечує міцність на зсув паяним з'єднанням на рівні 0,6...0,8 міцності основного матеріалу (сплаву 3003) при вакуумному високотемпературному паянні.

#### Список посилань

1. Ferraris, S. Surface Activation and Characterization of Aluminum Alloys for Brazing Optimization [Текст]/ S. Ferraris, S. Perero, G. Ubertalli // Coatings. – 2019. – Vol. 9. – No 7. – С. 459 – 465. DOI:10.3390/coatings9070459
2. Orman, L., Swidersky, H.-W. Brazing of Aluminium Alloys with Higher Magnesium Content using Non-Corrosive Fluxes. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aluminium-brazing.com/wp-content/uploads/2014/07/Brazing-of-Aluminium-Alloys-with-Higher-Mg-Content.pdf>
3. Vacuum Brazing of Aluminum Alloys and Brazing Materials. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://brofurnaces.com/wiki/vacuum-brazing-al-materials.html>
4. Massalski, T. B., Binary Alloy Phase Diagrams 2nd Edition / T. B. Massalski – Ohio, Materials Park: ASM International, 1990.
5. Anderson, W. A. Metallurgical Studies of the Vacuum Brazing of Aluminum [Текст]/ W. A. Anderson // Welding Journal. – 1977. – №10. – С. 314-318.

УДК 621.9.048

Гапонова О. П., докт. техн.наук, професор  
Сумський державний університет

Тарельник Н. В., канд. еконм. наук., доцент  
Сумський національний аграрний університет

Охріменко В.О., аспірант  
Сумський державний університет, v.okhrimenko@pmtkm.sumdu.edu.ua

## ВПЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І ЧАСУ ЛЕГУВАННЯ НА ЯКІСТЬ АЛІТОВАНИХ ПОКРИТТІВ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

В даний час у конструктори і технологи для захисту поверхонь деталей від різних видів зношування та негативного впливу навколишнього середовища піддають вироби різним видам зміцнення. Це різні способи: напилення, наплавлення, електрохімічне хромування в електроліті, хіміко-термічна обробка [1-4] та ін. Особливе місце серед зміцнюючих технологій займають технології, що використовують для обробки матеріалу концентровані потоки енергії (КПЕ). До них слід віднести одну з найбільш перспективних сучасних технологій, застосування якої дозволяє управляти параметрами якості поверхонь деталей - електроіскрове легування (ЕІЛ). Завдяки технології ЕІЛ у поверхневих шарах деталей формуються структури, що володіють унікальними фізико-механічними та трибологічними властивостями [5]. Аналіз літератури та патентних джерел, а також низка досліджень, проведених авторами робіт [6-7], показали, що метод ЕІЛ є перспективним. В літературі представлені дослідження впливу параметрів роботи обладнання установок ЕІЛ в широкому діапазоні енергій розряду ( $W_p$ ), а продуктивність приймалась згідно рекомендацій таблиці 1.

Таблиця 1 – Залежність продуктивності ЕІЛ від енергії розряду

Енергія розряду ( $W_p$ ), Дж	0,52	1,3	2,6	4,6	6,8
Продуктивність, $см^2/хв$	1,0-1,3	1,3-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0

В роботі при дослідженні впливу продуктивності процесу ЕІЛ сталевих зразків зі сталі 20 і сталі 40 при формуванні поверхневого шару після обробки алюмінієвим електродом-інструментом (алітування) використовували два варіанти зменшення продуктивності по відношенні до вказаних в табл. 1. В табл. 2 представлені дані цих варіантів:

- перший, коли продуктивність була зменшена ~ в два рази;
- другий, коли продуктивність була зменшена ~ в чотири рази.

Таблиця 2 – Залежність продуктивності ЕІЛ від енергії розряду

Енергія розряду ( $W_p$ ), Дж		0,52	1,3	2,6	4,6	6,8
Продуктивність, $см^2/хв$	1-й варіант	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-1,0	1,0-1,2	1,2-1,5
	2-й варіант	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7

Кожний з варіантів виконували в два етапи:

*1-й етап* - обробку проводять алюмінієвим електродом при енергії розряду  $W_p = 0,52 - 6,8$  Дж і продуктивності згідно табл. 2.

*2-й етап* – на поверхню, що зазнала алітування на 1-му етапі перед подальшим електроіскровим легуванням (ЕІЛ) алюмінієвим електродом наносили консистентну речовину, яка містить алюмінієву пудру, або графітовий порошок і алюмінієву пудру, після чого, не чикаючи висихання консистентної речовини, проводили процес алітування, при цій технології шорсткість поверхні зменшується в 4 рази.

Після ЕІЛ структури покриттів складаються із трьох зон: на поверхні формується "білий" шар, далі дифузійна зона і основний метал (рис. 1).





Рис. 1 – Ділянки структури поверхневого шару сталі 20 після ЕІЛ алюмінієвим електродом – інструментом при  $W_p = 4,6$  Дж

Виявлені резерви для підвищення параметрів якості поверхневих шарів сталевих деталей при алітуванні за рахунок більш досконалого дослідження продуктивності процесу ЕІЛ алюмінієвим електродом-інструментом, який є одним з важливих режимів технології алітування.

В першому варіанті при зростанні енергії розряду з 0,52 до 6,8 Дж на першому етапі алітування сталі 20 і сталі 40: товщина «білого» шару збільшується, відповідно до 75 і до 110 мкм; дифузійної зони до 120 і до 140 мкм; мікротвердість «білого шару» зростає з до 7400 і до 7450 МПа; шорсткість поверхні зростає, відповідно до 9,0 і до 8,1 мкм, а суцільність зростає до 100 %.

В другому варіанті при зростанні енергії розряду з 0,52 до 6,8 Дж на першому етапі обробки сталі 20 і сталі 40: товщина «білого» шару збільшується для сталі 20 до 60 мкм при  $W_p=4,6$  Дж, а потім не змінюється і для сталі 40 до 100 мкм; дифузійної зони, відповідно до 130; мікротвердість «білого шару» зростає до 7300 і до 7300 МПа; шорсткість поверхні  $R_a$  зростає до 9,0 і до 8,1 мкм, відповідно, а суцільність, як для сталі 20, так і для сталі 40 при  $W_p=0,52$  Дж складає 95% і далі підвищується до 100 %.

Таким чином, зменшення продуктивності процесу ЕІЛ сприяє погіршенню параметрів якості покриттів.

#### Список посилань

1. M.S. Storozhenko, A.P. Umanskii, A.E. Terentiev, I.M. Zakiev, Effect of Molybdenum Additions on the Structurization of Fe–Mo Alloys and Contact Interaction in the TiB<sub>2</sub>–(Fe–Mo) Systems. *Powder metallurgy and Metal Ceramics*, 56, №1-2: 60-69 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11106-017-9847-y>
2. B.O. Trembach, M.G. Sukov, V.A. Vynar, I.O. Trembach, V.V. Subbotina, O.Yu. Rebrov, O.M. Rebrova, and V.I. Zakiev, Effect of Incomplete Replacement of Cr for Cu in the Deposited Alloy of Fe–Cr–B–Ti Alloying System with a Medium Boron Content (0.5% wt.) on its Corrosion Resistance. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 44, No. 4: 493 (2022). <https://doi.org/10.15407/mfint.44.04.0493>
3. O. Bazaluk, O. Dubei, L. Ropyak, M. Shovkoplias, T. Pryhorovska, and V. Lozynskiy, Strategy of Compatible Use of Jet and Plunger Pump with Chrome Parts in Oil Well. *Energies*, 15, No. 1: 83, (2022);
4. F.A. P. Fernandes, S.C. Heck, R.G. Pereira, A. Lombardi-Neto, Wear of plasma nitrided and nitrocarburized AISI 316L austenitic stainless steel. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 40(2): 175 (2010).
5. B. Tarel'nyk, O. P. Gaponova, Ye. V. Konoplyanchenko, N. S. Yevtushenko, and V. O. Herasyenko (2018) The Analysis of a Structural State of Surface Layer after Electroerosive Alloying. II. Features of Formation of Electroerosive Coatings on Special Steels and Alloys by Hard Wear-Resistant and Soft Antifriction Materials, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, 40, No. 6: 795—815.
6. Gaponova, O. et al. (2019). Estimating Qualitative Parameters of Aluminized Coating Obtained by Electric Spark Alloying Method. In: Pogrebnjak, A., Novosad, V. (eds) *Advances in Thin Films, Nanostructured Materials, and Coatings. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Singapore.
7. Quality Analysis of Aluminized Surface Layers Produced by Electrospark Deposition / G. V. Kirik, O. P. Gaponova, V. B. Tarel'nyk et al. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*. 2018. Vol. 56, Issue 11–12. P. 688–696.

УДК 677.522

Бердник О.Ю., канд. техн. наук, доцент  
Майстренко А.А., канд. техн. наук  
Петрикова Є.М., канд. техн. наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, [kseniarezник87@gmail.com](mailto:kсениarezник87@gmail.com)

## ВПЛИВ БАЗАЛЬТУ РІЗНИХ РОДОВИЩ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІЕТИЛЕНУ

Сучасний розвиток економіки потребує створення широкого асортименту термопластичних полімерних матеріалів, за рахунок обмеженої кількості типів крупнотонажних полімерів не можливо задовольнити різні співвідношення вимог, які висуваються споживачами для різних областей застосування [1]. Модифікацією крупнотонажних полімерів, вдосконаленням процесів їх виробництва, якості сировини і методів суміщення компонентів, вдається досягнути суттєвого підвищення якості, як самих полімерів, так і властивостей композитів на їх основі, що дозволяє розширити асортимент і області застосування.

В теперішній час для підвищення перспективності і конкурентоспроможності композиційних матеріалів на ринку полімерної продукції високі потенційні можливості підвищення властивостей полімерматричних композитів (ПМК) закладені у використанні не дорогих наповнювачів, в число яких входять базальтові мінеральні наповнювачі [2].

В даній роботі був використаний базальт різних родовищ: Б<sub>ян</sub> – родовище Янова Долина і Б<sub>ус</sub> – родовище Усачківське. Для отримання композиційного матеріалу був використаний базальт різних родовищ подрібнений на кульовому млині до фракції  $\leq 140$  мкм, в якості в'язучого використовували поліетилен низького тиску (ПНТ). Кількість дисперсного наповнювача в полімерній матриці складало 40 мас.од., дана кількість є оптимальною для композиції на основі дисперсного базальту і поліетилену, що доведено в роботах. Вплив дисперсного наповнювача оцінювали за зміною фізико-механічних і хімічних характеристик [3].

Дослідження дисперсних наповнювачів, які було використано в дослідженнях, методом електронної мікроскопії показало, що для частинок базальту характерна певна агломерація частинок, що свідчить про високу активність (рис. 1).

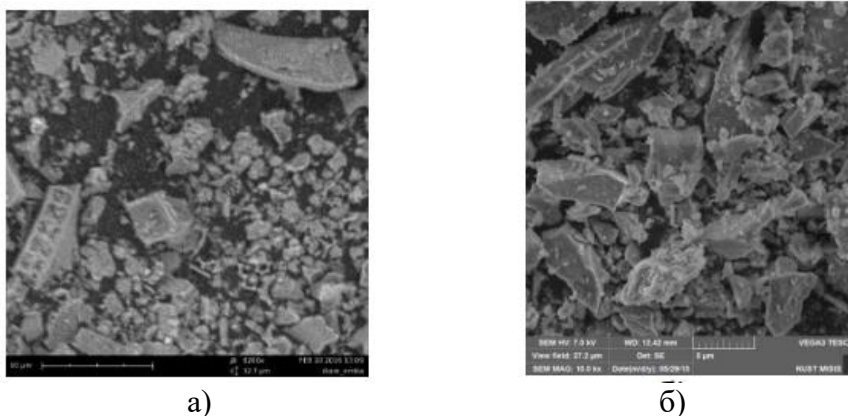


Рис. 1 – Електронна мікроскопія частинок Б<sub>ян</sub> (а), Б<sub>ус</sub> (б)

Згідно досліджень на ІЧ-спектрах (рис. 2) базальтів різних родовищ спостерігається відносно інтенсивні полоси поглинання з максимум при  $3417 \text{ см}^{-1}$ , які обумовлені валентним  $\nu_s$  коливаннями адсорбованих на поверхні базальту молекул води.

Широка інтенсивна полоса з максимум при  $1145 \text{ см}^{-1}$  відповідає валентним коливанням зв'язку Si-O. Дуже слабкий максимум при  $800 \text{ см}^{-1}$  також обумовлений валентними коливаннями зв'язку Si-O, при  $752 \text{ см}^{-1}$  коливаннями зв'язку Al-O.

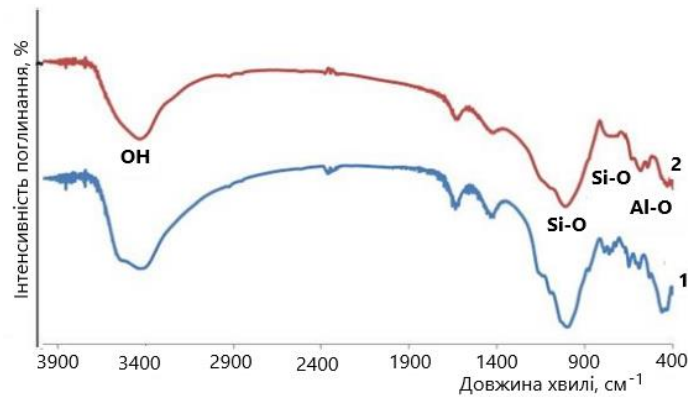


Рис. 2 – ІЧ-спектри базальтів різних родовищ (1 - Бян, 2 - Бюс)

Оцінка реологічних властивостей, визначена за показником текучості розплаву (ПТР) показала, що текучість композиції підвищується, однак розроблені композиції можна переробляти методом лиття під тиском (табл. 1).

Таблиця 1 – Дослідження показника текучості розплаву композиції в залежності від її складу

Склад композиції, мас. част	ПТР, г/10хв
ПНТ	23
ПНТ+40 Бян	16
ПНТ+40 Бюс	15

Дослідження фізико-механічних властивостей композитів дозволяє зробити висновок, що введення базальту не залежно від його родовища дозволяє підвищити ударну в'язкість на 60%, згинальну напругу на 40%, а також твердість по Бринеллю на 20%.

Введення дисперсного базальту здійснює вплив на показники горючості ПМК, знижуючи час самостійного горіння в 2 рази в порівнянні з чистим поліетиленом, також зменшуються втрати маси при запалюванні на повітрі ПНТ – 58%, ПНТ+40Бян – 27,5%, ПНТ+40 Бюс – 27%. Всі показники горючості змінюються адитивно вмісту наповнювача який є не горючим матеріалом.

Доведена можливість використання дисперсного базальту в якості наповнювача для поліетиленової матриці в не залежності від родовища даного мінерального наповнювача.

Показано, що введення в поліетилен дисперсного базальту дозволяє підвищити весь комплекс фізико-механічних характеристик, а також покращити показники горючості розроблених ПМК.

Таким чином, для створення композитів на основі поліетилену, доцільним є використання в якості наповнювача, дисперсний базальт різних родовищ: Янова Долина, Усачківське.

#### Список посилань

1. Berdnyk O Yu, Lastivka O V, Maystrenko A A, Amelina N O. Processes of structure formation and neoformation of basalt fiber in an alkaline environment. – IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 020). – Vol. 907. – 012036. (Scopus) <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/907/1/012036/pdf>.

2. Gots V.I., Lastivka O.V., Berdnyk O.Yu., Tomin O.O., Shilyuk P.S. Corrosion resistance of polyester powder coatings using fillers of various chemical nature. – Key Engineering Materials.–Vol.864.115-121 (Scopus) DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.864.115> <https://www.scintific.net/KEM.864.115>.

3. Джигирис Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. –М.: Теплоэнергетик, 2002. – 416с.

УДК 669.295: 621.91

Бурлака А.Ю., магістрант  
Говорун Т.П., канд. фіз.-мат. наук, доцент  
Ханюков К.С., аспірант  
Варакін В.О., аспірант  
Масалітова К.І., студентка  
Сумський державний університет, [hovorun@pmtkm.sumdu.edu.ua](mailto:hovorun@pmtkm.sumdu.edu.ua)

## ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЛИТТЯ ДЕТАЛЕЙ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

Відцентрові насоси на сьогоднішній день є найбільш поширеним і затребуваним різновидом динамічної гідравлічної техніки, яка знаходить широке застосування в найрізноманітніших сферах: хімічній, нафтопереробній, атомній, металургійній, теплоенергетичній, харчовій промисловості, а також у водопостачанні та водовідведенні, авіа та ракетобудуванні та інших. Відцентрові насоси є дуже відповідальними агрегатами, тому процес їх роботи повинен бути максимально надійним і довговічним.

Особливістю проблем надійності і довговічності відцентрових насосів є її зв'язок з усіма етапами: проектування, виготовлення та використання агрегатів, починаючи з моменту формування ідеї створення машини і до прийняття рішення про її утилізацію. Отже, проблема надійності і довговічності є комплексною і потребує вирішення у сферах виробництва та експлуатації відцентрових насосів, акумулює й синтезує все те, що сприяє підвищенню працездатності агрегатів. Раніше проблема надійності і довговічності вирішувалася шляхом проектування відцентрових насосів із великим запасом міцності, що призводило до збільшення їх габаритів, ваги і металомісткості.

Але з розвитком комп'ютерної техніки з'явилась можливість попереднього моделювання різних складових відцентрових насосів з метою зменшення використання матеріалів без втрат показників якості у роботі. Для цього потрібна система автоматизованого проектування та інженерного аналізу для проектування і виробництва відцентрових насосів.

Особливо важливим є застосування комп'ютерного моделювання у ливарних процесах, бо багато деталей відцентрових насосів можна виготовляти методами лиття. Метод лиття є більш універсальним та простішим для виготовлення таких важливих складових відцентрових насосів, як робочі колеса і апарати направляючі, оскільки через їх складну форму ці деталі досить таки важко оброблювати механічно. Метод лиття дозволяє отримати вилівок максимально наближений до остаточної форми деталі, тому це допомагає уникнути складної та довготривалої механічної обробки, що є дуже доцільним в економічному плані, особливо якщо ця деталі відноситься до серійного або великосерійного виробництва. Сучасне проектування в ливарному виробництві включає в себе: розробку 3D моделі деталі, ливникової системи та обладнання. А також, процеси, що протікають повинні бути узгоджені з практичними методами. Які дозволяє отримати якісні деталі, з більш високими експлуатаційними характеристиками.

Для вирішення багатьох проблем на підприємстві створена сучасна комп'ютерна база, яка дозволяє створювати 3D моделі деталі в програмі SolidWorks і використовувати їх для моделювання в програмі MAGMASOFT, проводити перевірку на усадкові раковини, що дозволило науково обґрунтувати технологію виготовлення виливків, спроектувати 3D модель, вибрати технологічні параметри лиття і провести в лабораторних і промислових умовах експериментальні дослідження.

Для прикладу розглянуто процес отримання і комп'ютерного моделювання виливка деталі «апарат направляючий» з максимальним зовнішнім діаметром 410 мм для відцентрового насосу типу ЦНС. Маса готової деталі складає 19,5 кг, а маса виливка - 95 кг. Розрахунок мас проводився у програмі SolidWorks. Для створення 3D моделі деталі

«апарат направляючий» (рис. 1, а) було використано програму SolidWorks. Ця модель деталі буде використовуватися для подальшого проектування 3D моделі вилівка та для подальшої обробки вилівка на фрезерних станках із ЧПУ.

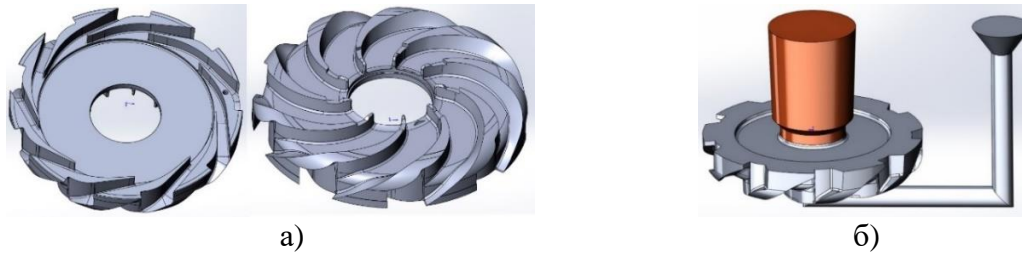


Рис. 1 – 3D-модель деталі «апарат направляючий» а) і 3D модель вилівка «апарат направляючий» б): вилівок та ливникова система позначені сірим кольором; прибуток – помаранчевим

Перед моделюванням 3D моделі вилівка, необхідно визначитися з матеріалом виробу, оскільки технологія створення відливків з чавуну, чорних та кольорових металів відрізняється. Це пов'язано з тим, що вони мають різний відсоток ливарних усадок, наприклад, чавун має всього 1% ливарної усадки, а чорні сталі в середньому 2%.

При побудові 3D моделі вилівка також потрібно правильно прорахувати ливникову систему, оскільки її неправильний розрахунок може привести до браку деталі. Виходячи з деталі апарата направляючого (рис. 1, а), доцільно буде використовувати технологію, в якій заливаються канали відводу рідини, внутрішній отвір та використання одного центрального відкритого прибутку (рис. 1, б).

Для розрахунку на утворення усадкових раковин було використано програму MAGMASOFT. На рисунку 2 приведено результат моделювання на усадку апарата направляючого в режимі X-Ray. Як видно, майже вся усадка знаходиться в центральному відкритому прибутку і доходить майже до її початку. Це говорить про те, що об'єма металу в прибилі достатньо, щоб витягнути більшість дефектів на себе і в той же час не використовувати зайвого металу для заливання вилівка. Шкала, що показана на рисунку 2 вказує на відсоток утворення та розміри усадкових раковин. Білим позначена область без усадки, а далі за кольором від 0 до 100 позначений відсоток утворення усадки. Чим яскравіший колір, тим більший шанс утворення дефектів.

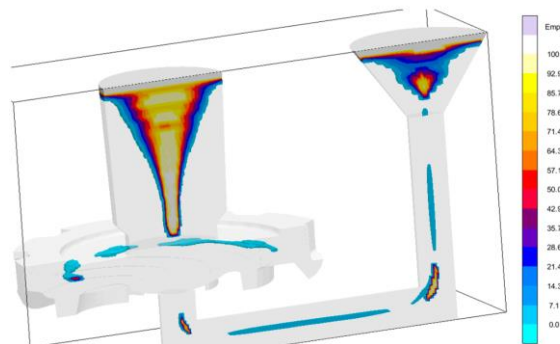


Рис. 2 – Результати моделювання на усадкові раковини в програмі MAGMASOFT

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок про те, що вибрані технологічні параметри лиття відповідають вимогам. Основна частина дефектів знаходиться в литнику, прибутку і середині моделі. Дефекти потрапили у припуск на механічну обробку, тобто усадкові раковини знаходяться в області вилівка, яка буде убиратися точінням і сама деталь апарата направляючого буде чистою та без дефектів. Достовірність отримуваних результатів можна оцінювати з ймовірністю 90-95%, що підтвердив досвід практичного використання програм комп'ютерного моделювання процесів лиття.



УДК 539.43:621.876

Нестеров О. А., аспірант

Одеський національний морський університет, [shury.nesterov@gmail.com](mailto:shury.nesterov@gmail.com)

### ОПР РОСТУ КОРОЗІЙНО-ВТОМНИХ ТРІЩИН У ТРИВАЛО ЕКСПЛУАТОВАНИХ СТАЛЯХ МОРСЬКИХ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ

Портове підйомно-транспортне обладнання експлуатується за інтенсивного циклічного навантаження, що часто зумовлює появу в конструкціях з листового прокату втомних тріщин. Цьому передують експлуатаційне окрихчення металу. Подібні проблемами властиві і порталним кранам [1, 2]. З іншого боку, характеристики втомного росту тріщин також відносять до показників опору крихкому руйнуванню, яке може бути чутливим до експлуатаційної деградації металу та посилюватися впливом морського середовища.

В даній праці на основі побудови кінетичних діаграм втомного руйнування в координатах  $da/dN - \Delta K$  проаналізована роль експлуатаційної деградації сталей порталного крану марки «Сокіл» у залежностях швидкості росту  $da/dN$  корозійно-втомного росту тріщини від розмаху коефіцієнта інтенсивності напружень в околі вершини тріщини  $\Delta K$ . Експерименти провели на двох сталях з різним ступенем експлуатаційної деградації за оцінками ударної в'язкості. Умови випробувань: частота циклічного навантаження за випробувань на повітрі і в 3-ому розчині NaCl 10 Гц і 1 Гц відповідно, асиметрія циклу навантаження 0,5.

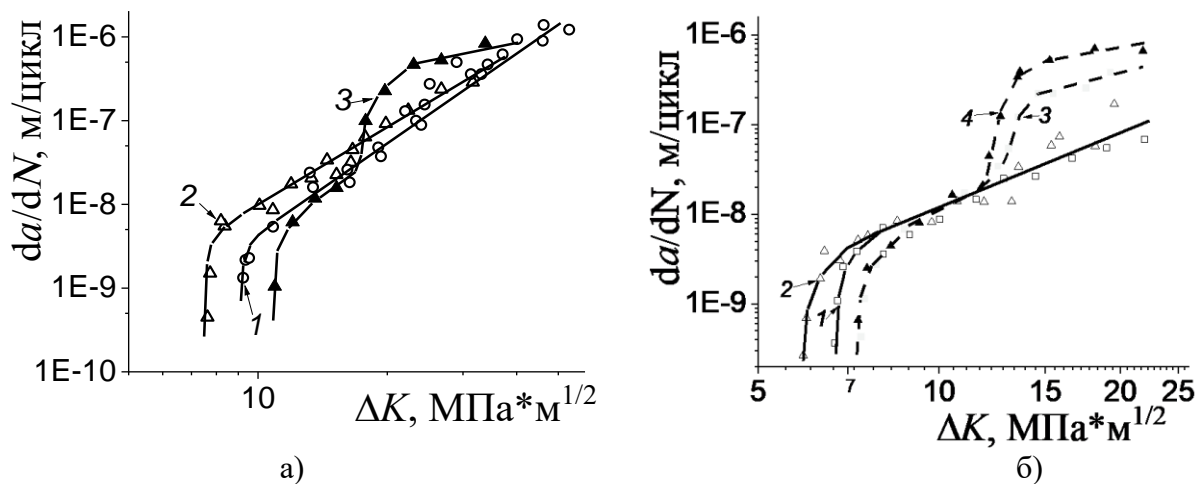


Рис. 1 – Діаграми втомного росту тріщин  $da/dN - \Delta K$  в менше (а) та більше (б) деградованих сталях за випробувань на повітрі (1, 2) та в 3-ому розчині NaCl поздовжніх (1, 3) та поперечних (2, 4) зразків.

Встановлено, що негативний вплив корозивного середовища проявився в середньоамплітудній області діаграм, інтенсивніше для більше деградованого металу та при випробуваннях поперечних до напрямку вальцювання зразків.

#### Список посилань

1. Nemchuk O., Hredil M., Pustovoy V., Nesterov O. Role of in-service conditions in operational degradation of mechanical properties of portal cranes steel / Procedia Structural Integrity. – 2019. – v.16. – P. 245–251.

2. Zvirko, O.; Dzioba, I.; Hredil, M.; Pała, R.; Oliynyk, O.; Furmańczyk, P. Specimen size effect on the tensile properties of rolled steel of long-term-operated portal crane. Materials 2023, 16, 3017. <https://doi.org/10.3390/ma16083017>.



УДК 620.17:778.01

**Анісімов В.М., докт. техн. наук, професор**

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, vn7anisimov@ukr.net

**Анісімов В.В., канд. техн. наук, доцент**

Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро,  
wwwovilon@gmail.com

## ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ПІНОМАТЕРІАЛІВ ТА ЗОЛЬНИХ МІКРОСФЕР ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ТЕС

Відомо, що на території сучасної України зосереджений найбільш енергоємний сегмент промисловості колишнього СРСР, в рамках котрого тепла електроенергетика є основним “виробником” шкідливих викидів і великотоннажних техногенних відходів. Крім того, політизація із вуглеводневою сировиною і величезні поклади українського вугілля привели до того, що питома вага теплових електростанцій (ТЕС) в балансі виробництва електроенергії складає не менше 40 %. Однак при спалюванні вугілля і пиловугільної суміші утворюються відходи – шлак, зола, золошлак. Загальний вигляд теплоелектростанції та її золовідвал наведено на рис. 1 а, б.



а)

б)

в)

Рис. 1 – Теплова електростанція (а), її золовідвал (б) та зольні мікросфери (в)

Щорічно ТЕС України накопичують більше 8 млн. т. відходів, об’єм використання котрих складає всього від 1,5 до 35 %, в той час як в США він складає 41%, в Індії – 50 %, в Китаю – 65 %, в країнах Євросоюзу – 92 %. Тому ефективне поводження із золошлаковими відходами енергетичних підприємств, які працюють на вугіллі, дозволяє не тільки покращити їх економічні показники, але і значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Показано, що перспективним напрямком утилізації техногенних відходів є створення композиційних матеріалів на основі полімерної матриці з додаванням неорганічних наповнювачів. У якості матриці використовували газонаповнені пінополіуретани, як дисперсні наповнювачі використовували мікросфери, що були видобуті із золи уносу при спалюванні пиловугільної суміші на Придніпровській теплоелектростанції (рис. 1, в).

Виявлена низька здатність розроблених пористих матеріалів до поглинання та утримання в порах вологи при тривалому контакті з рідиною (1,1 – 1,4 %). Встановлено, що введення мікросфер до 80 % сприяє зростанню величини міцності при стискуванні в 6 разів (від 0,52 до 3,19 МПа), а модуля пружності – майже в 12 разів (від 0,59 до 7,07 МПа), що дозволяє досягнути характеристик полегшених конструкційних матеріалів.

При введенні до пінополіуретану всього 10 % зольних мікросфер, коефіцієнт теплопровідності стрімко зменшується з 0,068 Вт/м·К до значень 0,046 Вт/м·К, що дозволяє розглядати їх як матеріали з низькою теплопровідністю та віднести до класу А.

Таким чином, попередні результати показують на можливість застосування отриманого композиту в якості недорогого і екологічного теплоізоляційного матеріалу, який спроможний функціонувати в умовах впливу різних середовищ.

УДК 621.791.12

**Болотов Г.П., докт. техн. наук, професор**  
**Болотов М.Г., канд. техн. наук, доцент**  
**Руденко М.М., ст. викладач**  
**Гречка В.В., аспірант**

Національний університет «Чернігівська політехніка», bolotovgp@gmail.com

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДИФУЗІЙНОГО ЗВАРЮВАННЯ У ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ**

Перспективним способом з'єднання матеріалів у однорідних та різнорідних сполученнях є дифузійне зварювання, що здійснюється у твердому стані при температурах, нижчих температури їх плавлення. Однак, широка номенклатура таких з'єднань, як за формою, так і за матеріалами, пред'являє до джерел енергії комплекс вимог технічного та технологічного характеру. Це призвело до застосування у дифузійному зварюванні широкого кола джерел різної фізичної природи. Одним з таких джерел є тліючий розряд, що горить в газовому середовищі при тисках газу нижче атмосферного.

Попередніми дослідженнями встановлено, що основні режими дифузійного зварювання в тліючому розряді – температура, зусилля стискання, час зварювання, аналогічні режимам, що застосовуються при найбільш поширеному дифузійному зварюванні у вакуумі. Однак, інше джерело нагріву, наявність газового середовища вносять свої особливості в технологію процесу зварювання.

Технологічні особливості зварювання в тліючому розряді розглядали на прикладі з'єднання зразків зі сталі 45. Зварювання здійснювали при напрузі на розряді 300...600 В і тиску газу в робочій камері 5,32...13,3 кПа у окислювальному, нейтральному та відновлювальному середовищі. Визначено, що кращі механічні властивості мають з'єднання, отримані при зварюванні у нейтральній та відновлювальній атмосфері аргону або водню. Руйнування зразків здійснювалось по основному металу. При зварюванні в окислювальній атмосфері (вуглекислий газ) міцність з'єднань нижче, руйнування при механічних випробуваннях здійснювалось по зоні стику із локальними виривами основного металу.

Дослідження впливу температури нагріву здійснювали у нейтральній атмосфері. Встановлено, що оптимальний діапазон температур, що забезпечує максимальну міцність з'єднання, знаходиться у межах 1273...1473 К.

Дослідження залежності міцності з'єднання від зусилля стискання зразків показали, що починаючи з тиску 15 МПа зварне з'єднання стає рівноміцним основному металу. Вочевидь, такий тиск є достатнім для забезпечення істинного контакту зварюваних поверхонь по всій площі.

При наявності щільного контакту між чистими поверхнями міцність зварного з'єднання залежить від фізико-хімічних процесів, що протікають у стику, зокрема, від процесів дифузії. Ступінь повноти протікання цих процесів залежить від їх інтенсивності і тривалості. Із збільшенням часу зварювання до 6 хвилин міцність з'єднання поступово зростає. Подальше збільшення часу зварювання практично не впливає на механічні характеристики з'єднання. Вочевидь, дифузійні процеси в зоні контакту зразків, що протікають протягом 6 хвилин, забезпечують, при інших вказаних умовах, отримання монолітного зварного з'єднання, рівноміцного основному металу. Якщо вуглецеві сталі можна якісно зварювати у тліючому розряді, що горить у середовищі нейтральних газів, то для отримання рівноміцного з'єднання виробів з нержавіючих сталей, жароміцних та тугоплавких сплавів необхідна відновлювальна атмосфера, що перешкоджає появі оксидних плівок на зварюваних поверхнях в процесі нагріву.

УДК 621.762.4

Гончарук О.О., канд. техн. наук, доцент  
 Ототюк О.С., студент  
 Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
[goncharuk.alex@gmail.com](mailto:goncharuk.alex@gmail.com)

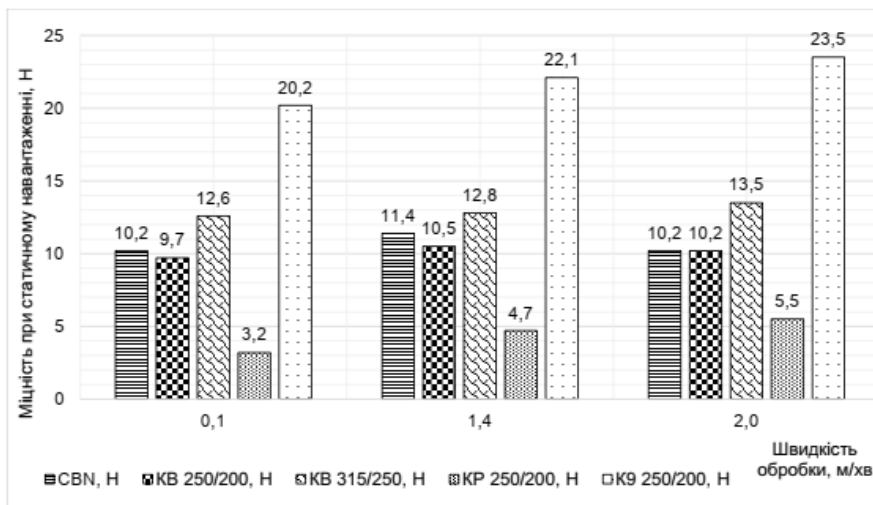
### ВПЛИВ ЗАХИСНОГО СЕРЕДОВИЩА НА СТАТИЧНУ МІЦНІСТЬ ЗЕРЕН КНБ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ ОПРОМІНЕННІ

В сучасній промисловості постійно зростає необхідність у виготовленні абразивних інструментів різного класу та призначення для важкооброблюваних сталей та інших матеріалів. Перспективним напрямком формування абразивного шару з вмістом надтвердих матеріалів на поверхні інструменту є технологія лазерного спікання [1]. В вирішенні завдання виготовлення такого інструменту є визначення впливу лазерного випромінення на окремі зерна абразивного матеріалу для розширення технологічних можливостей лазера, к інструменту, та розширення номенклатури металевих зв'язок, які широко використовуються при спіканні [2]. Метою дослідження було встановлення діапазону максимальних значень температури лазерного нагрівання різних марок шліфпорошків КНБ, при яких не відбувається зменшення їх міцності. Вихідна міцність при статичному навантаженні шліфувальних порошоків КНБ, які досліджувалися, наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідна міцність шліфпорошків КНБ

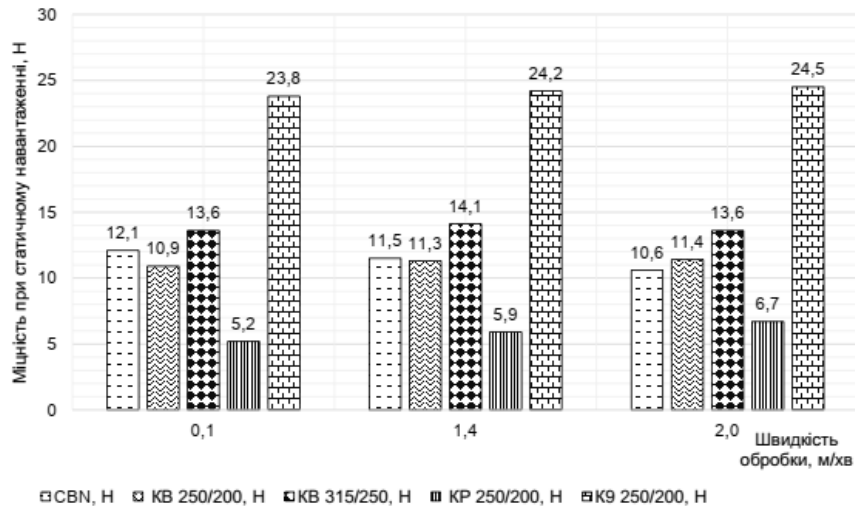
Шліфувальні порошки КНБ	Міцність зерен, Н
CBN 100	13,0
KB 250/200	12,0
KB 315/250	10,0
KP 250/200	8,0
K9 250/200	26,0

Обробка з  $\lambda = 1,06$  мкм проводилася на лазерному технологічному комплексі Nd:YAG-лазері «DY044».



а)

Рис. 1 – Міцність при статичному навантаженні зерен КНБ з  $\lambda=1,06$  мкм:  $d_0=3$  мм,  $v=0,1 - 2,0$  м/хв,  $P=500$  Вт

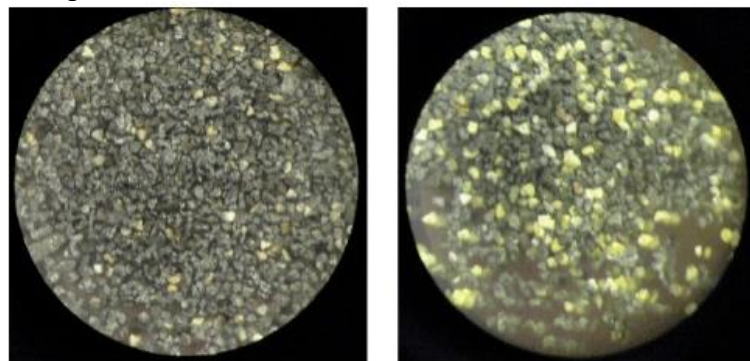


б)

Рис. 1 (продовження) – Міцність при статичному навантаженні зерен КНБ з  $\lambda=1,06$  мкм:  $d_0=3$  мм,  $v=0,1 - 2,0$  м/хв,  $P=500$  Вт

Зерна КНБ рівномірно розміщувалися на графітовій пластині на столі комплексу і піддавалися обробці лазерним випромінюванням при різній густині потужності в границях  $1,06 \cdot 10^3 - 1,82 \cdot 10^4$  Вт/см<sup>2</sup> при швидкостях обробки 0,06 - 2,0 м/хв. Після опромінювання одна частина зерен КНБ (вихідні зерна) у кількості 50 – 60 зерен піддавалася випробуванням на міцність при статичному навантаженні по стандартній методиці на приборі моделі ДА – 2.

Як показав аналіз даних наведених на рис. 1 при подачі в зону обробки захисного інертного газу аргону з витратою до 12 л/хв, термічний вплив на зерна КНБ зменшується. Відзначається, що застосування аргону сприяє підвищенню швидкості формування спечених абразивних шарів і поліпшенню їх якісних показників.



а)

б)

Рис. 2 – Загальний вид зерен КНБ марки KB 250/200 після опромінювання з  $\lambda=1,06$  мкм:  
 а –  $d=3$  мм,  $v=0,1$  м/хв,  $P=300$  Вт,  $Ar=7$  л/хв (x16);  
 б –  $d_0=3$  мм;  $v=1,0$  м/хв;  $P=300$  Вт, на повітрі (x16)

Усереднюючи отримані дані можна констатувати, що показник міцності зерен зменшився у допустимому діапазоні 5-8%.

#### Список посилань

1. Гончарук А.А. Лазерное термомодеформационное спекание абразивных инструментов на основе кубического нитрида бора / А.А. Гончарук, Л.Ф. Головкин, А.Д. Каглык // Mechanics and Advanced Technologies. #1(88), 2020. – С. 108-123. DOI: <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2020.88.200770>.

2. Laser Sintering of Abrasive Layers with Inclusions of Cubic Boron Nitride Grains / Goncharuk, O., Zhuk, R., Kaglyak, O. et al. // Lasers Manuf. Mater. Process. (2018) 5: 298-316. <https://doi.org/10.1007/s40516-018-0068-0>

УДК 621.762.4

Гончарук О.О., канд. техн. наук, доцент  
 Ототюк О.С., студент  
 Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
[goncharuk.alex@gmail.com](mailto:goncharuk.alex@gmail.com)

## ФОРМУВАННЯ БОРОСИЛКАТНИХ ПОКРИТТІВ НА СТАЛЯХ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЕННЯМ

Останнім часом з отриманням нових порошкових матеріалів проявляється великий інтерес до технології лазерних покриттів, які характеризуються високою продуктивністю, універсальністю, простотою в автоматизації, практично необмеженістю розмірів покритих поверхонь. Особлива увага при цьому приділяється нанесенню композиційних керамічних, металокерамічних, склокерамічних, біокерамічних та інших синтетичних композицій. Керамічні покриття, нанесені на поверхню металу забезпечують хороший захист, особливо в умовах при яких корозія і знос відбуваються при підвищених температурах [1]. Запропоновано математичну модель процесу лазерної наплавлення, на основі тривимірної нелінійної нестационарної задачі теплопровідності з застосуванням узагальненої постановки задачі Стефана. Особливістю моделі є наявність двох різних матеріалів, які відрізняються своїми характеристиками: основа та наплавлений шар рис. 1.

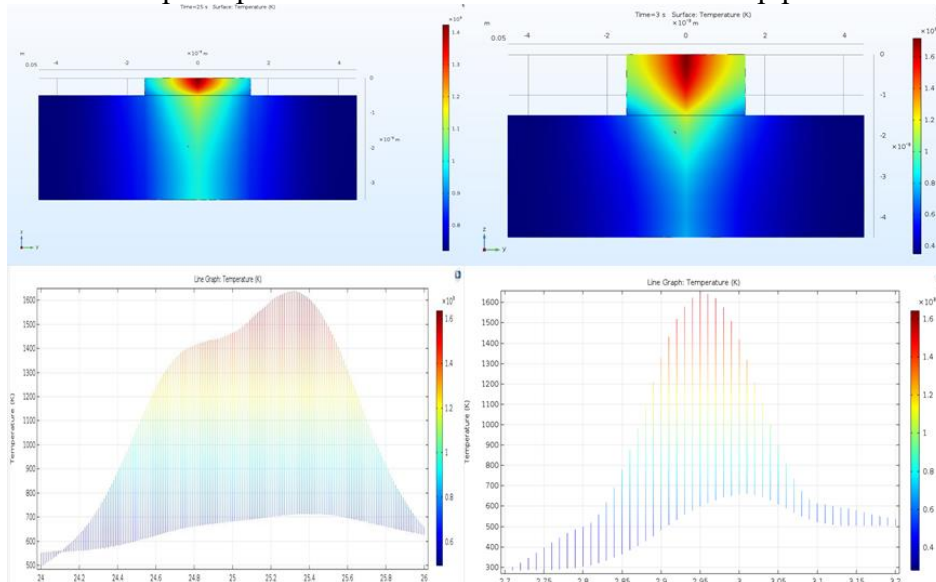


Рис. 1 – Розподіл температур по глибині та на поверхні заготовки

Для реалізації дослідження лазерний технологічний комплекс на базі твердотільного лазера з неперервним випромінюванням ЛТН-103. Першим етапом проведення досліджень було формування зразків з ущільненими й зволженими цапонлаком порошком боросилікату (по методу "шлікерної" обмазки), формувалися на пластинах виготовлених зі сталі 45 (50x80x6мм) та підсушувався. Режими обробки наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри обробки

№ проходу	Потужність, Вт	Швидкість, м/хв.	Діаметр плями фокусування, мм	Товщина шару, мм
1	240	0,04	1,0	0,5
2		0,08		
3		0,12		
4		0,16		
5		0,20		



Стабільного наплавленого шару вдалося досягти при швидкостях обробки 0.08-0.12 м/хв.



Рис. 2 – Загальний вигляд дослідного зразку. Режими наплавлення:  $P=240$  Вт,  $v = 0,04-0,2$  м/хв.,  $d_0=1$  мм.

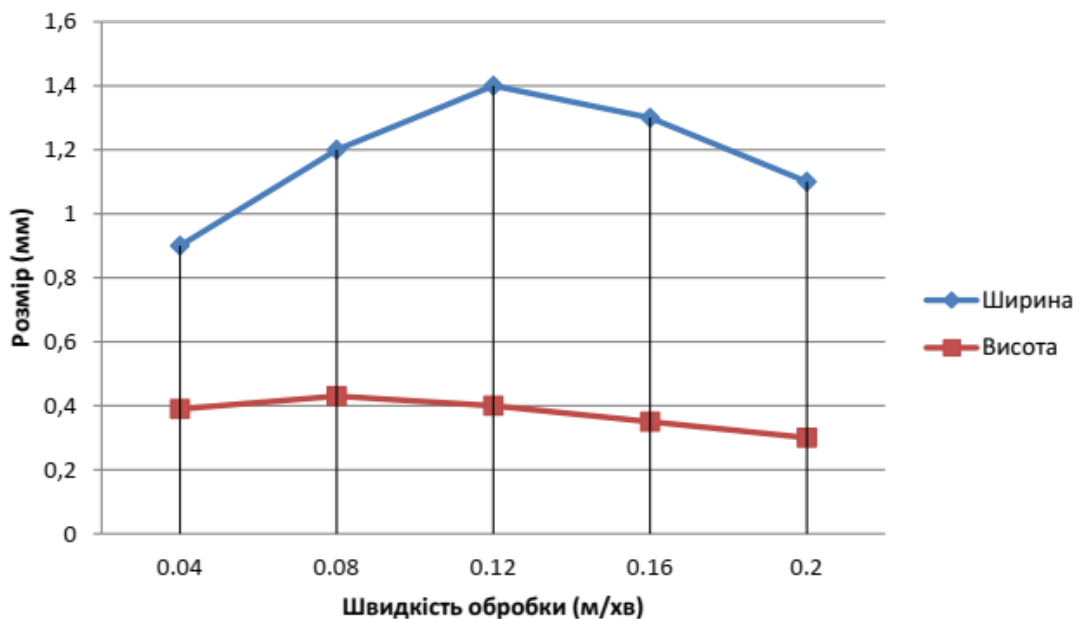


Рис. 3 – Вплив швидкості лазерної обробки на розмірні характеристики наплавленого шару

Аналіз даних результатів досліджень дозволив зробити висновок, що отримані зразки показали гарну якість наплавленого шару тобто відсутність тріщин та пор, але наявність вигорання не дозволило добитися якісного функціонального покриття. Зразки були перевірені на щеплюваність покриттів та основи і показали найкращі результати за швидкості наплавлення  $v = 0,8-1,2$  м/хв. Встановлено залежність геометричних характеристик наплавлених шарів в залежності від швидкості відносного руху лазерного променя.

#### Список посилань

1. Створення функціональних керамічних покриттів на сталях / [Гончарук О.О., Смоляренко А.В., Маленівський М.С., Гармай Е.А.] // Збірка праць Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні»: тези доповіді. – 2019.



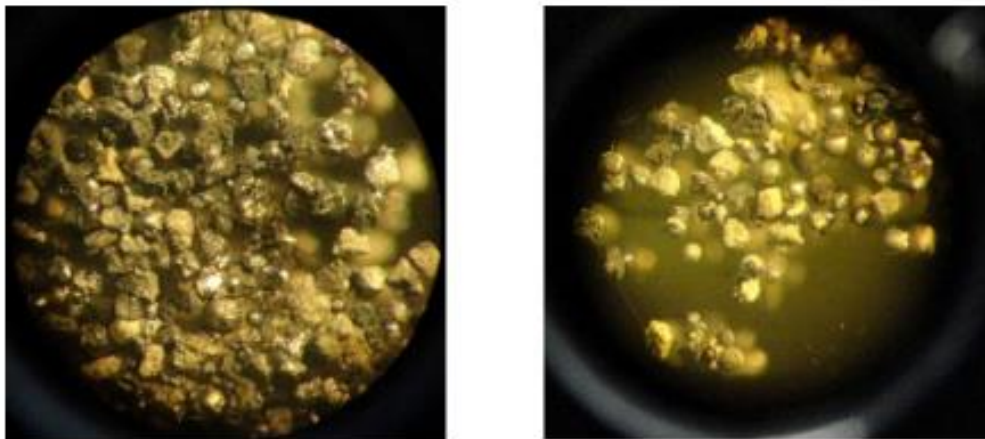
УДК 621.762

Гончарук О.О., канд. техн. наук, доцент  
Ототюк О.С., студент  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
[goncharuk.alex@gmail.com](mailto:goncharuk.alex@gmail.com)

## СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НТМ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ ФОРМУВАННІ АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Під час лазерного формування абразивного шару інструменту [1], НТМ піддається значним термічним навантаженням, що впливає на його міцність та працездатність [2]. В ряді досліджень запропоновані різні методи вирішення питання захисту НТМ [3]. В даній роботі наведено результати дослідження впливу лазерного випромінювання з довжиною хвилі 10,6 мкм на зерна КНБ та комбінація різних методів захисту зерен абразиву від термічного впливу. Експериментальне дослідження з лазерним випромінюванням з  $\lambda = 10,6$  мкм і потужністю випромінювання  $P = 1000$  Вт фокусувалося плоско-випуклою сферичною лінзою із КСІ з фокусною відстанню  $F = 300$  мм. При цьому діаметр зони фокусування змінювався у межах  $d_0 = 0,7 - 7$  мм, відносна швидкість переміщення зразка відносно променя варіювалася в межах  $0,8 - 2,0$  м/хв.

Як показали дослідження Рис.1 при подачі в зону обробки захисного інертного газу аргону з витратою до 12 л/хв у комбінації з металізацією зерен КНБ, кількість зруйнованих зерен різко зменшується. Відзначається, що застосування аргону сприяє підвищенню швидкості формування спечених абразивних шарів і поліпшенню їх якісних показників.



а)

б)

а)  $d_0=3$  мм;  $v=0,4$  м/хв,  $P=500$  Вт,  $A_{\text{г}}=7$  л/хв;

б)  $d=3$  мм;  $v=0,4$  м/хв,  $P=500$  Вт, на повітрі (x16)

Рис. 1 – Загальний вид зерен КНБ марки КВ 315/200 (металізація Ni)  
після прямого опромінення з  $\lambda=1,06$  мкм

### Список посилань

1. Методи захисту шліфпорошків кнб при формуванні абразивних шарів / [ В. В. Огороднік , В. І. Каракулін, О. О. Гончарук ] // Збірка праць Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні» : тези доповіді. – 2020. – С. 170-175.
2. Laser sintering of modified CBN grains / [Goncharuk A. A., Lutai A. M., Nikitin E. E., Balickiy V. U.] // Матеріали X Міжнародної науково-технічної Web-конференції «Композиційні матеріали», (м. Київ, 04.04-28.04, 2017 р.) : тези доповіді. – 2017. – С. 47-50.
3. Laser cladding of CBN-contained cutting tools / [Goncharuk A. A., Zuk R. O.] // Матеріали IX International Conference of young scientists «Welding and Related Technologies» 23-26 May, 2017, (м. Київ, 23-26 May, 2017 р.): тези доповіді. – 2017. – С. 173-180.

УДК 621.762

Гончарук О.О., канд. техн. наук, доцент  
Ототюк О.С., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
[goncharuk.alex@gmail.com](mailto:goncharuk.alex@gmail.com)

## ПІДГОТОВКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ КНБ-ВМІСНОГО ШАРУ НА АБРАЗИВНОМУ ІНСТРУМЕНТІ

Застосування лазерного випромінювання для реалізації технології виготовлення абразивного інструменту представлено у роботах [1-3]. Результати досліджень наведені в цих роботах дають оцінку використанню лазерного випромінювання з різною довжиною хвилі, реалізацію різних підходів до захисту абразивних зерен від термічного навантаження, яке виникає в процесі формування шару та призводить до втрати статичної міцності зернами КНБ. Особливістю розробленого процесу є те, що з метою зменшення термічного навантаження на корпус інструмента та інтенсивності перемішування матеріалу в зоні лазерного спікання, сприянню рівномірному розподілу зерен КНБ запропоновано нанесення на корпус інструменту перехідного шару композита без КНБ (рис.1).

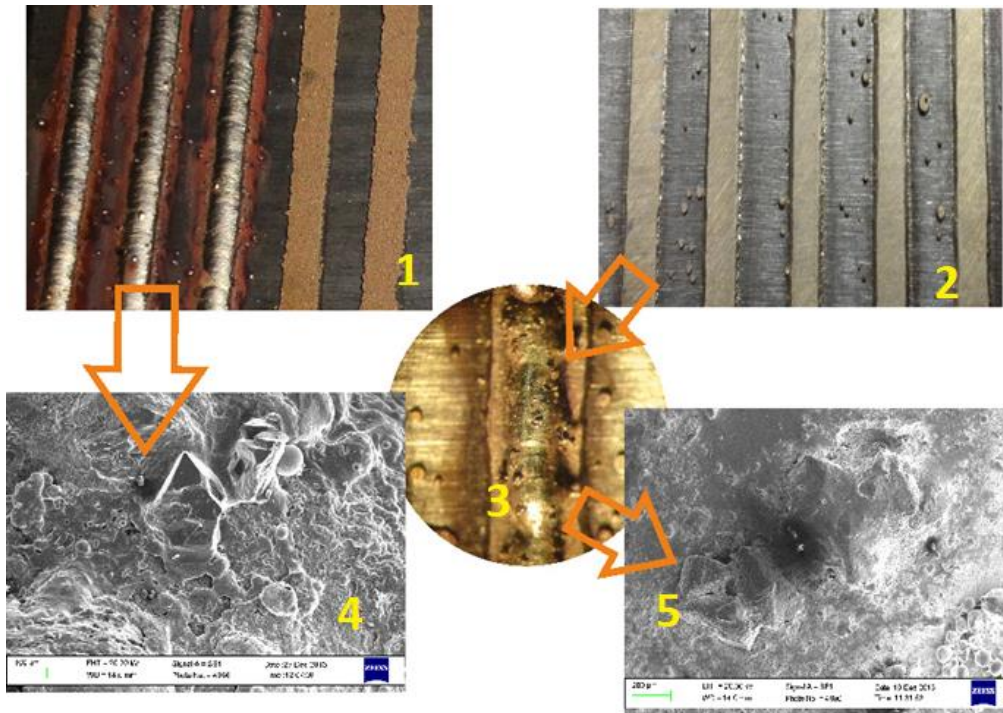


Рис. 1 – Процес формування на поверхні інструменту абразивного шару на плоскій поверхні:

- 1 – наплавлення на корпус шару металу, який є основою зв'язки (нікель, бронза)
- 2 – механічно обробка, в разі необхідності
- 3 – формування абразивного шару з КНБ метод селективного лазерного спікання
- 4 – сформований абразивний шар РЕМ зображення

На рис. 1 та 2 представлені зразки композитів з КНБ плоскої та циліндричної форми, які виготовлені за запропонованою схемою. Використання перехідного шару без КНБ дає змогу забезпечити металургійний зв'язок з корпусом інструменту, знизити термічне навантаження, запобігти деформаціям корпусу та вирівняти температурні поля в зоні обробки за рахунок створення на поверхні корпусу шару з матеріалу, що є основою абразивного композиту.

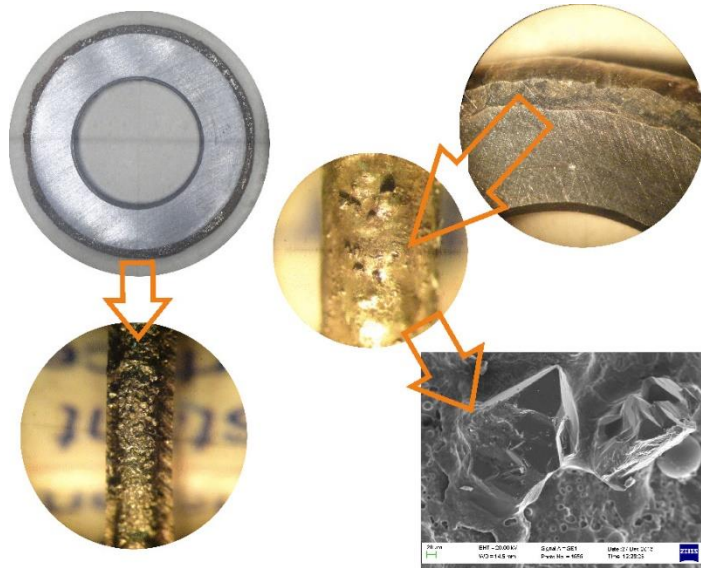


Рис. 2 – Формування абразивного шару за допомогою попереднього наплавлення на циліндричній поверхні

Використання проміжного шару дозволяє вирішити не тільки питання термічного навантаження на корпус інструменту та зерна абразивного матеріалу, а й також вирішити питання розміщення зерен в сформованому шарі та величину їх занурення. На рис. 3 наведено дані вимірювання статичної міцності зерен КНБ, після їх видалення зі сформованого шару, методом хімічного травлення.

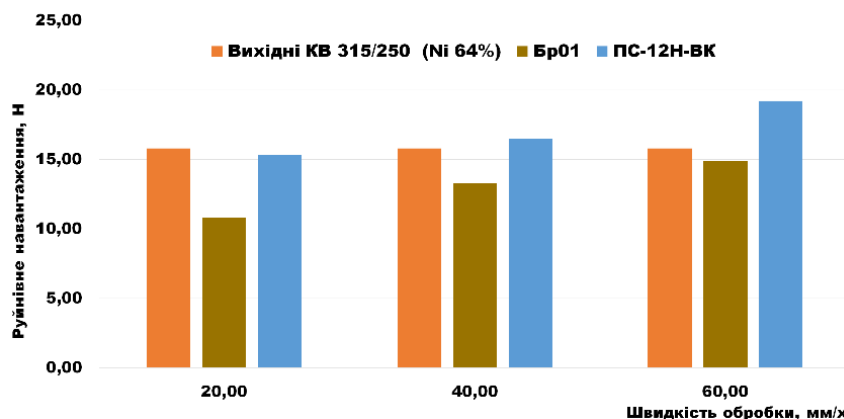


Рис. 3 – Міцність зерен КНБ марки КВ 315/250 з металізацією Ni витравлених з абразивного шару (зв'язки - BrO10, ПС-12Н-ВК) сформованого лазерним опроміненням:  $\lambda=1.06$  мкм, P=200Вт, d=1мм, Ar=10 л/год

#### Список посилань

1. Гончарук А.А. Лазерное термомодеформационное спекание абразивных инструментов на основе кубического нитрида бора / А.А. Гончарук, Л.Ф. Головки, А.Д. Каглык // Mechanics and Advanced Technologies. #1(88), 2020. – С. 108-123. DOI: <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2020.88.200770>.
2. Laser Sintering of Abrasive Layers with Inclusions of Cubic Boron Nitride Grains / Goncharuk, O., Zhuk, R., Kaglyak, O. et al. // Lasers Manuf. Mater. Process. (2018) 5: 298-316. <https://doi.org/10.1007/s40516-018-0068-0>.
3. Визначення впливу технологічних параметрів лазерного спікання на процес формування та властивості абразивних композитів із надтвердих матеріалів / [О.О. Гончарук, Л.Ф. Головки, А.М. Лутай, О.Д. Каглык, В.Г. Сороченко]// Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2014. – №1 (12). – С. 15-20. <http://chemengine.kpi.ua/article/view/51504/47264>

УДК 536.532.002.2

Білобородченко В.І., канд. техн. наук  
Забранський А.Є., магістр

Національний університет «Львівська політехніка», [volodymyr.i.biloborodchenko@lpnu.ua](mailto:volodymyr.i.biloborodchenko@lpnu.ua)

### ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЗВАРЮВАННЯ СПЛАВІВ ТАНТАЛУ ДЛЯ ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРОННО-ВАКУУМНОЇ ТЕХНІКИ

Жароміцні сплави танталу володіють високими показниками технологічної оброблюваності (процеси тиску, та в певній мірі зварювання), однак, завдяки простому фазовому і хімічному складу, характеризуються недостатньою тривалою міцністю при високих температурах [1.2]. Проте для потужних НВЧ імпульсних генераторів, крім специфічних електрофізичних параметрів, важливим механічним експлуатаційним показником, з рештою рівних умов, є короточасна міцність у широкому діапазоні робочих температур (1300...1650<sup>0</sup>С), що типове для анодних вузлів таких виробів [3]. Такі температурні навантаження вимагають використання танталових сплавів лише з попередньо рекристалізованою структурою [4].

Оцінкою якості зварювання електронним променем (ЕПЗ) [5] на оптимізованому режимі (установка ЕЛУ-5, джерело живлення У-250А, вакуум - 133·10<sup>-4</sup>Па) тонколистових заготовок товщиною 1мм прийняті розтяг, межа міцності, відносне видовження та статичний вигин зварних зразків при температурах діапазону 500...1500<sup>0</sup>С (табл..1 та рис.1)

Таблиця 1 – Діапазон оптимальних режимі ЕПЗ танталових сплавів ТГС, ТВГС

№	Швидкість зварювання, V, м/год	Напруга прискорення, U, КВ	Струм променю, I <sub>пр</sub> , МА	Струм фокусування, I <sub>ф</sub> , МА
1	10	20	45, 55*	60
2	20	20	75	60
3	40	20	75,90*	60
4	80	20	125,150*	60

\* - для сплаву ТВГС

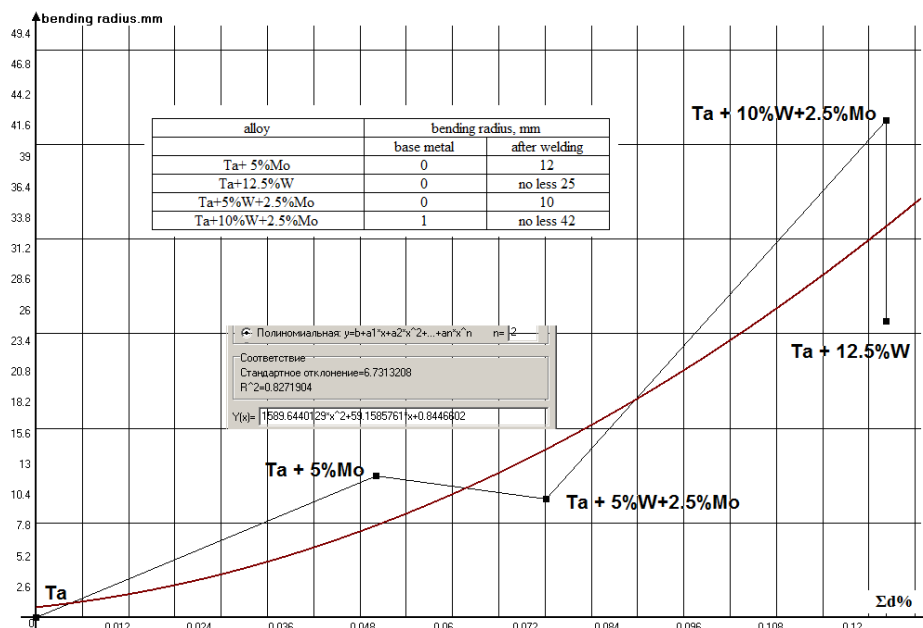


Рис. 1 – Залежність радіусу вигину зразків з танталу (R<sub>b</sub>) та його сплавів від суми легуючих компонентів Σd%.



**Сплав ТВГС**

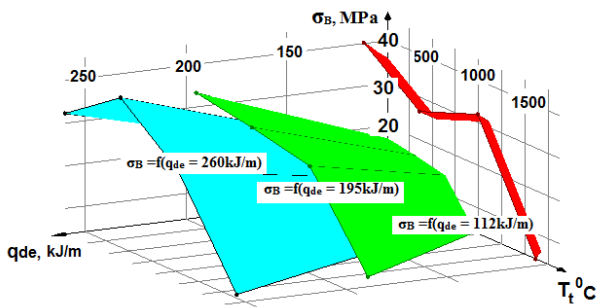


Рис.2 – Сплав ТВГС. Поверхня відгуку зміни межі міцності  $\sigma_B$  від погонної енергії зварювання  $q_{de}$  та температури випробувань  $T_t$

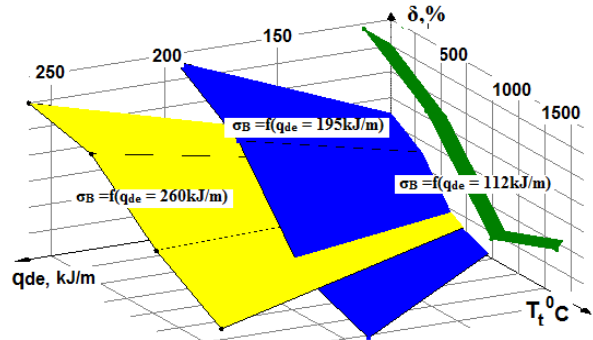


Рис. 3 – Сплав ТВГС. Поверхня відгуку відносного видовження  $\delta, \%$  зварного зразку від погонної енергії зварювання  $q_{de}$  та температури випробувань  $T_t$

**Сплав ТГС**

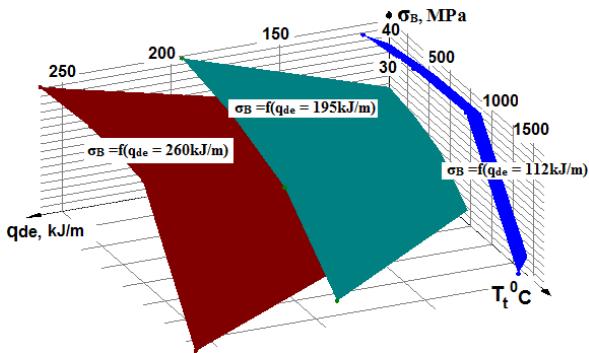


Рис. 4 – Сплав ТГС. Поверхня відгуку межі міцності  $\sigma_B$  від погонної енергії зварювання  $q_{de}$  та температури випробувань  $T_t$

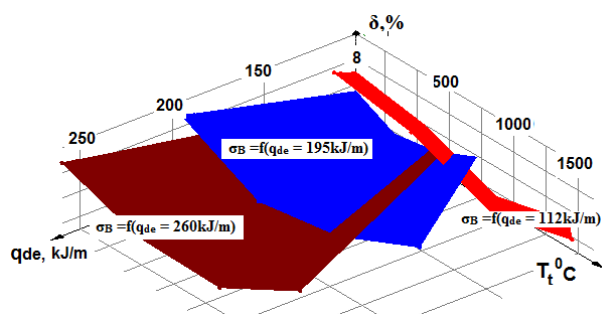


Рис. 5 – Сплав ТГС. Поверхня відгуку відносного видовження  $\delta, \%$  зварного зразку від погонної енергії зварювання  $q_{de}$  та температури випробувань  $T_t$

Виявлене, що за показниками тимчасової жароміцності суттєві переваги має сплав ТВГС, а відповідні показники для сплаву ТГС є подібними для типового сплаву ТВ-10. У порівнянні з таким класичним сплавом розглянуті матеріали мають суттєву перевагу за таким показником, як рівномірність шва та основного металу. Найбільша пластичність (за кутом згину) спостерігається у сплаву ТГС (граничний кут згину  $180^\circ$ ), в той час як для сплаву ТВГС не гірше  $80...120^\circ$ .

Для всіх розглянутих сплавів є характерним суттєве рафінування металу шва від газів (кисень, водень, азот) та їх продуктів взаємодії з рідким металом.

**Список посилань**

1. Савицкий Е.М. Металловедение сплавов тугоплавких и редких металлов./ Савицкий Е.М., Бурханов Г.С. – М: Наука, 1971. – 354 с.
2. Гапонова О. П. Сталі та сплави з особливими властивостями : навч. посіб. / О. П. Гапонова, А. Ф. Будник. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 240 с.
3. Електронні пристрої НВЧ Навчальний посібник для ВНЗ [Саричев В.О , к.т.н., доц. Пампуха І., Кравченко О.І., Жиров Б.Г., Дмитрієв В.Є., Попов П.П. За ред. к.т.н., доц. Пампухи І.В.]. – К.: ВІКНУ, 2010. – 152 с.
4. Tantalum Alloy Welding: Does the Thermal Cycle Influence the Microstructure?/ Antonio Bernardo Sánchez Álvaro Presno Vélez, Tomás Fernández-Columbié, Isnel Rodríguez-Gonzalez.- [Journals Applied Sciences / Volume 12 / Issue 3 / 10.3390/app12031440](#)
5. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. / С.М. Гуревич– К.: Наук. думка, 1990. – 512 с.

УДК 669.47:539.89:539.219

Мазанко В.Ф., докт. техн. наук, професор  
 Філатов О.В., докт. фіз.-мат. наук  
 Павлюк Я.О., інженер  
 Герцрікен Д.С., канд. фіз.-мат. наук  
 Богданов С.Є., канд. фіз.-мат. наук

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ, [vmazanko@imp.kiev.ua](mailto:vmazanko@imp.kiev.ua)

### СТВОРЕННЯ ВЕС ПОКРИТТІВ AlFeNiCoCuCr НА СТАЛІ 3 МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ (ЕІЛ)

Розглянемо мікротвердість і фазовий склад покриття та дифузійної зони, отриманих при різних режимах ЕІЛ. В таблиці 1 представлені номери зразків, та зазначена відповідність мікротвердості ( $H_V$ ) та режимів ЕІЛ (I).

На рис. 1 представлені гістограми, що характеризують рівень мікротвердості на поверхні зразків № 2 (а), №3 (б) та №4 (в) при силі струму електроіскрової обробки 0,6А (а, б) і 1,2А (в).

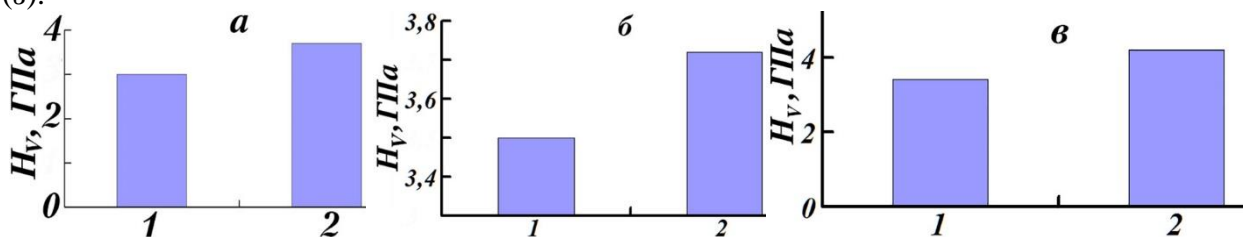
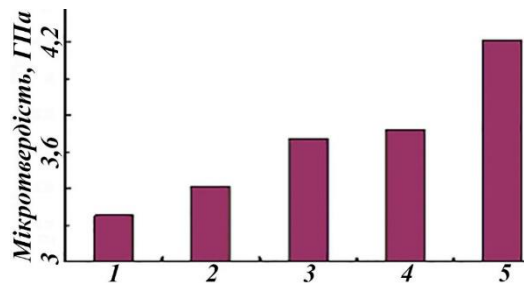


Рис. 1 – Гістограми мікротвердості до (1) та після ЕІЛ (2) зразків № 2 (а), №3 (б) та №4 (в) при силі струму ЕІЛ 0,6А (а, б) і 1,2А (в).

Аналіз представлених гістограм свідчить про те, що електроіскрове легування суттєво підвищує мікротвердість. Зразок №2 після електроіскрового легування має міцність 3,67 ГПа. Коефіцієнт зміцнення або відношення даного значення до попереднього дорівнює 1,23. Зразок №3 після електроіскрового легування має міцність 3,73 ГПа. Коефіцієнт зміцнення або відношення даного значення до попереднього дорівнює 1,07. На поверхні утворився шар високоентропійного сплаву, який підвищив мікротвердість зразка.

Рис. 2 – Гістограма мікротвердості зразків № 1 – 5 (табл. 1).



На рис. 1, в представлена гістограма, що характеризує рівень мікротвердості на поверхні зразка № 4 при силі струму електроіскрової обробки 1,2 А. Зразок після електроіскрового легування має міцність 4,21 ГПа. Коефіцієнт зміцнення або відношення даного значення до попереднього дорівнює 1,24.

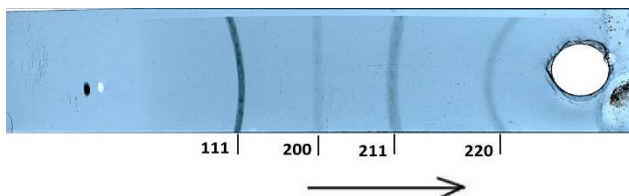


Рис. 3 – Рентгенограма зразку сталі Ст 3 у вихідному стані.

З рис. 2 видно, що ЕІЛ сталі 3 ВЕСом призводить до підвищення мікротвердості поверхні зразку. Максимальне значення досягається при ЕІЛ по такому режиму  $I = 1, 2 \text{ А}, \tau = 2 \text{ хв}$ .

На рис. 3 представлена рентгенограма зразка сталі Ст 3 в вихідному стані. Як

витікає з аналізу вказаної рентгенограми, основою є  $\alpha\text{-Fe}$ . При електроіскровому легуванні сталі Ст3 анодом AlFeNiCoCuCr, рентгенограма з покриттям суттєво змінюється (рис. 6 а, б).



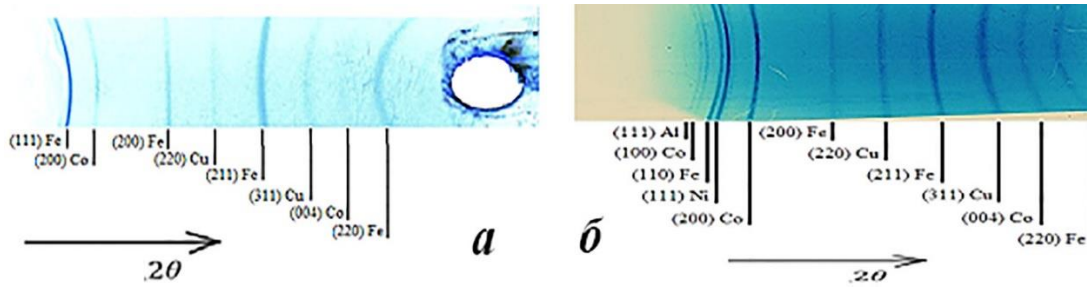


Рис. 4 – Рентгенограма від зразка №2 (а) та №3 (б) після ЕЛЛ.

Аналіз рентгенограм свідчить, що в процесі легування сталі Ст3 сплавом AlFeNiCoCuCr в поверхневому шарі зразка відбувається утворення фаз в яких присутні елементи які входять в склад аноду, катоду і оточуючого середовища. Присутній оксид заліза, який утворюється при окисненні металічної основи (Ст 3) в процесі легування.

В таблиці 2 наведено розрахунки рентгенограми (рис. 4 а).

Таблиця 1 – Відповідність  $H_v - I$

№	Матеріал	$H_v$ , ГПа	I, А
1	Fe	3,25	-
2	Ст3	3,41	-
3	Ст3+ВЕС	3,67	0,6 А
4	Ст3+ВЕС	3,72	1 А
5	Ст3+ВЕС	4,21	1,2 А

Таблиця 2 – Розрахунок рентгенограми за рис. 4

$\theta$ , град	$d/n$ , Å	hkl	Me
25,5	2,248	111	Al
26,3	2,181	100	Co
28,5	2,029	110	Fe
29,3	1,978	111	Ni
33,1	1,771	200	Co
43,2	1,414	200	Fe
49,5	1,271	220	Cu
56,5	1,161	211	Fe
63,5	1,081	311	Cu
68,3	1,042	004	Co
73,2	1,011	220	Fe

Механічні властивості ВЕС покриттів на сталі 3 після ударної обробки представлені на рис.5, 6. Вивчений вплив товщини вихідного покриття та кількості ударів на  $H_v$ .

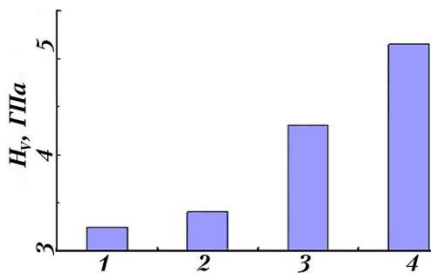


Рис. 5 – Мікротвердість зразків: 1 – Fe, 2 – сталь 3, 3 – сталь 3 + ВЕС (2 хв.), 4 - сталь 3 + ВЕС (3 хв.), 1 удар

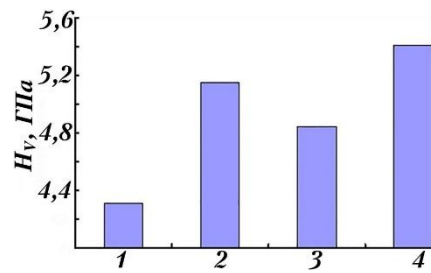


Рис. 6 – Мікротвердість зразків з покриттям (1 – 30 мкм, 2 – 120 мкм, 1 удар) та (3 – 30 мкм, 4 – 120 мкм, 2 удари)

Отже можна зробити такі висновки:

1. Зі зростанням анодного струму від 0,6 до 1,2 А збільшується товщина покриття та його мікротвердість.

2. Згідно рентгеноструктурних даних до складу ВЕС покриття крім компонентів AlFeNiCoCuCr входять оксиди заліза, які утворюються за рахунок дифузії атомів заліза у покриття та їх взаємодії з киснем повітря в процесі ЕЛЛ.

3. Імпульсна ударна обробка призводить до зміцнення ВЕС покриття, при цьому із збільшенням кількості ударів зростає мікротвердість поверхні.

УДК 539.219.3:53.09

Герцрікен Д.С., канд. фіз-мат. наук  
 Мазанко В.Ф., докт. техн. наук, професор  
 Зайцева Н.В., канд. техн. наук

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ,  
 deciatinka@gmail.com

### ВПЛИВ МЕЖ ЗЕРЕН ПОЛІКРИСТАЛІВ ТА ОРІЄНТАЦІЇ МОНОКРИСТАЛІВ НА РОЗПОДІЛ ПРОНИКЛИХ АТОМІВ ПРИ ІМПУЛЬСНІЙ ОБРОБЦІ МЕТАЛІВ

Відомо, що у стаціонарних ізотермічних умовах за низьких температур міграція атомів здійснюється переважно за дефектами кристалічної структури, і тільки при передплавильних температурах внесок об'ємної дифузії в загальний потік речовини стає порівняним з проникненням атомів по межах зерен. При цьому вміст дифундуючої речовини в шарі є пропорційним квадрату глибини проникнення, тобто глибини залягання шару. У той самий час для ударного стиску, як свідчать проведені експерименти (рис. 1), навіть за температурах навантаження  $T < 0,5 T_{пл}$  має місце квадратична залежність логарифму концентрації від глибини. При цьому, на відміну від ізотермічного відпалу, коли наявність меж зерен збільшує дифузійну рухливість атомів, і концентраційні профілі стають більш пологими і ширяться на великі глибини (рис. 1, криві 1 і 2), при ударному стиску профілі розподілу мічених атомів в моно- та полікристали повністю збігаються.

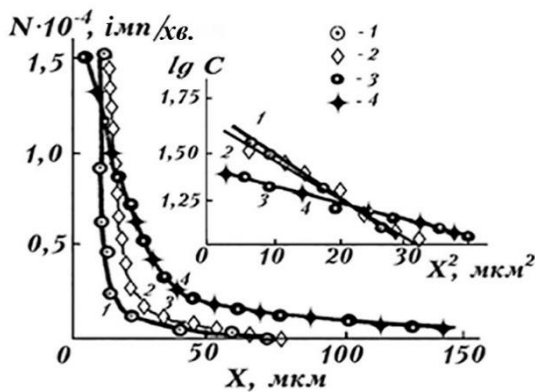


Рис. 1 – Концентраційні профілі розподілу заліза  $^{55}\text{Fe}$  в моно – (1,3) та полікристалічному (2,4) Мо, отримані методом макро-авторадіографії, після відпалу при 1873 К (1,2) та імпульсного навантаження при 1273 К (3,4).

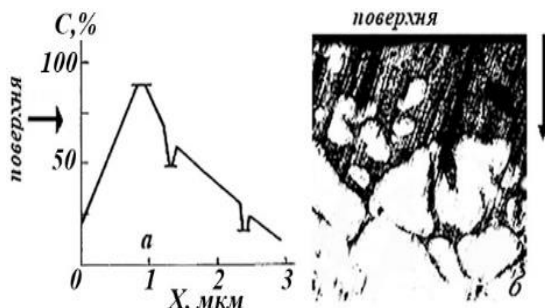


Рис. 2 – Розподіл атомів поверхневого шару в залізі по глибині дифузійної зони після ударного стиску (а:  $^{55}\text{Fe}$ , 373 К, 20  $\text{с}^{-1}$ ) та ізотермічного відпалу (б:  $^{63}\text{Ni}$ , 1073 К,  $\times 100$ ). Стрілки вказують напрями дифузії

Також однаковими за видом та глибиною проникнення є розподіл власних і чужорідних атомів у полікристалах (Co, Fe, Ni, Mo, Nb, Ti, Sn, Zn, Cd, Al, Cu тощо) з різним розміром зерна (від 1 мкм до 1 мм), деформованих при низьких та підвищених температурах в інтервалі швидкостей деформації від 0,5 до  $10^4 \text{с}^{-1}$ . Отже, протяжність меж зерен в будь-якому металі з різною симетрією з точністю до похибки експерименту не впливає на глибину проникнення атомів.

Згідно з даними авторадіографічного аналізу та ВІМС при ударному стиску, тобто імпульсному пластичному деформуванні, як і при ЕП-впливі та інших видах імпульсного пружного навантаження [1], та на відміну від ізотермічного відпалу, в областях, розташованих уздовж меж зерен, концентрація проникаючих атомів нижча, ніж в об'ємі зерна (рис. 2), причому спостерігається тенденція до збільшення ступеня збіднення та ширини збідненої області із зменшенням кута між межею та напрямком деформації. На ділянках меж зерен, паралельних напрямку дії деформуючого імпульсу, концентрація слабо відрізняється від такої в об'ємі зерна.

Дослідження рухливості атомів, тобто визначення величини коефіцієнтів дифузії показало, що наявність і протяжність збіднених ділянок меж зерен не позначається ні на загальній глибині проникнення, ні на рухливості атомів (табл. 1).

Таблиця 1 – Рухливість атомів у полі- та монокристалах

Метал	$d$ , мкм;	(hkl)	$\dot{\epsilon}$ , с <sup>-1</sup>	$T$ , К	*Me	$D_M$ , см <sup>2</sup> /с
Mo	15		50	1473	<sup>55</sup> Fe	$2,5 \cdot 10^3$
	1000					$2,7 \cdot 10^3$
		100				$2,8 \cdot 10^3$
		110				$3,0 \cdot 10^3$
Nb		100	25	1273	<sup>55</sup> Fe	$7,3 \cdot 10^{-6}$
		111				$6,1 \cdot 10^{-6}$
Cu	25		50	293	<sup>63</sup> Ni	$2,0 \cdot 10^{-5}$
		100				$2,4 \cdot 10^{-5}$
		111				$2,1 \cdot 10^{-5}$
Al	50		120	77	<sup>55</sup> Fe	$5,8 \cdot 10^{-6}$
	200					$6,0 \cdot 10^{-6}$
	1000					$5,6 \cdot 10^{-6}$
		100				$5,0 \cdot 10^{-6}$
		111				$5,1 \cdot 10^{-6}$
Zn	35		55	273	<sup>55</sup> Fe	$3,3 \cdot 10^{-5}$
	200					$3,2 \cdot 10^{-5}$
		002				$3,1 \cdot 10^{-5}$
		1000				$3,2 \cdot 10^{-5}$
Sn	10		70	273	<sup>55</sup> Fe	$2,2 \cdot 10^{-5}$
		001				$2,0 \cdot 10^{-5}$
Cd	5		70	273	<sup>63</sup> Ni	$1,3 \cdot 10^{-4}$
	50					$1,4 \cdot 10^{-4}$

Щодо меж субзерен, то в них також спостерігаються ділянки зі зниженим вмістом проникаючих атомів (рис. 3 а, б). Тобто межі зерен і дислокації, що вишикуюються в полігональні стінки, є перешкодою на шляху проникаючих атомів. Втім не можна виключити можливості “відсмоктування” атомів із меж та субмеж у об’єм вже після завершення дії деформації. Спостережуване зменшення кількості проникаючих атомів у субмежу, тобто у місця

вбудовування дислокацій в полігональні стінки, дозволяє припустити, що при імпульсному впливі дислокації як служать шляхами короткої дифузії, як і рівноважних умовах, а надають бар’єрну дію. Справді, збільшення щільності дислокацій шляхом попередньої статичної деформації холодного металу (заліза та нікелю) на 10 – 30 % сприяє зменшенню глибини проникнення при подальшій імпульсній обробці без нагрівання 2 – 3 рази, а попередня вибухова обробка, що призводить

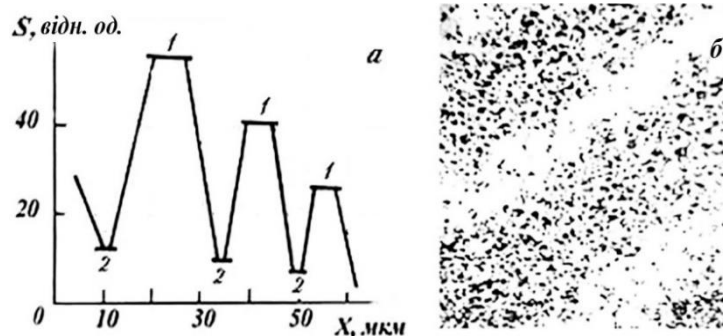


Рис. 3 – Концентрація <sup>63</sup>Ni в рекристалізованому ніобії після імпульсної обробки зі швидкістю 25 с<sup>-1</sup> на глибині 15 мкм у площині, паралельній поверхні (за 0 прийнята середина площини) (а): 1 – об’єм субзерна, 2 – субмежа, та авторадіограма-репліка цієї ділянки (б).

до зростання щільності дислокацій до 1 2, знижує глибину проникнення більш ніж у 5 разів (у порівнянні з відпаленим металом).

#### Список посилань

1. Герцрикен Д.С. та ін. Массоперенос в металлах при низких температурах в умовах зовнішніх впливів. – Київ: РІО ІМФ НАНУ, 2001. – 444 с.

УДК 539.4:620.192.7:661.862

Єфімов М.О., канд. фіз.-мат. наук  
Голубенко О.А., канд. фіз.-мат. наук  
Чугунова С.І., канд. фіз.-мат. наук  
Гончарова І.В., канд. фіз.-мат. наук

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ,  
yefimov@ipms.kiev.ua

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТВЕРДОСТІ ТА ПЛАСТИЧНОСТІ КВАЗІКРИСТАЛІЧНИХ ПОКРИТТІВ СИСТЕМИ Al – Cu – Fe ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Створення нових багатофункціональних матеріалів із унікальними властивостями є характерною рисою сучасної науки та техніки. Квазікристали (КК) характеризується далеким порядком у розташуванні атомів і симетрією, яка заборонена класичною кристалографією кристалів. Незвичайність структури КК обумовлює низку специфічних фізичних властивостей, що у своє чергу створює основи розробки функціональних матеріалів для практичного використання сучасної техніки.

Стабільні КК системи Al-Cu-Fe представляють великий практичний інтерес через поєднання їх фізичних властивостей (низька щільність – близько 4,5 г/см<sup>3</sup>, висока твердість – 70-100 ГПа, високий модуль пружності – 70-100 ГПа, висока корозійна стійкість та зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, низька теплопровідність та коефіцієнт термічного розширення, за значенням близький до металів) [1].

В роботі досліджували КК покриття Al<sub>63</sub>Cu<sub>25</sub>Fe<sub>12</sub> з водорозпиленних порошків фракції 40-80 мкм, які наносили на підкладку із сталі 45 методом високошвидкісного повітряно-паливного напилення, який успішно використовується для отримання жаро-та зносостійких металевих та композиційних покриттів [2]. Внаслідок крихкості при кімнатній температурі [3], для вивчення механічних властивостей КК був застосований метод локального навантаження індентором. Вимір мікротвердості при температурі 77К проводили під шаром рідкого азоту на установці ПМТН. Вимір твердості при підвищених температурах проводили у вакуумі на установці Гудцова-Лозинського [4].

За даними рентгенофазового аналізу порошки системи Al-Cu-Fe, безпосередньо після отримання, мали двофазну структуру: 75 ваг.% ікосаедричної КК фази і 25 ваг. % кристалічної β-фази на основі AlFe(Cu), що має ОЦК кристалічну решітку. Після напилення порошку методом високошвидкісного повітряно-паливного напилення в покриттях спостерігали таку ж кількість КК фази, як і у порошку - 75 ваг.%.

Після нагрівання покриття до температури 1023 К відбувається перехід з двофазного в повністю однофазний КК стан, що призводить до підвищення мікротвердості. Так у вихідному стані мікротвердість покриттів при вимірі на поверхні становила H<sub>v</sub> = 6,51±0,23 ГПа. Після нагрівання до 2023 К мікротвердість покриття становила H<sub>v</sub>=7,13±0,21 ГПа.

На рис. 1, а представлена температурна залежність твердості КК покриття в процесі нагрівання і подальшого охолодження. На кривій температурній залежності твердості можна виділити дві ділянки: перша ділянка до 573 К, коли зміна твердості незначна і друга ділянка, на якій відбувається різке зниження твердості із підвищенням температури.

Значення мікротвердості за температури 77 К та за кімнатною температурою, практично однакові.

Як видно, характер залежності  $HV(T)$  при нагріванні та охолодженні однаковий, проте при охолодженні твердість у всьому температурному інтервалі має більш високе значення.

Різницю між залежністю рівня мікротвердості покриття при охолодженні та нагріванні можна пояснити тим, що КК покриття у вихідному стані є двофазним матеріалом: ікосаедрична КК фаза (твердіша по відношенню до кристалічної) і кристалічна  $\beta$ -фаза, а в процесі нагрівання при вимірюванні твердості при підвищених температурах в інтервалі 973 – 1023 К відбувається фазовий перехід КК в однофазний стан. Тому в процесі охолодження матеріал вже є однофазним і у всьому температурному інтервалі має твердість вище, ніж при нагріванні.

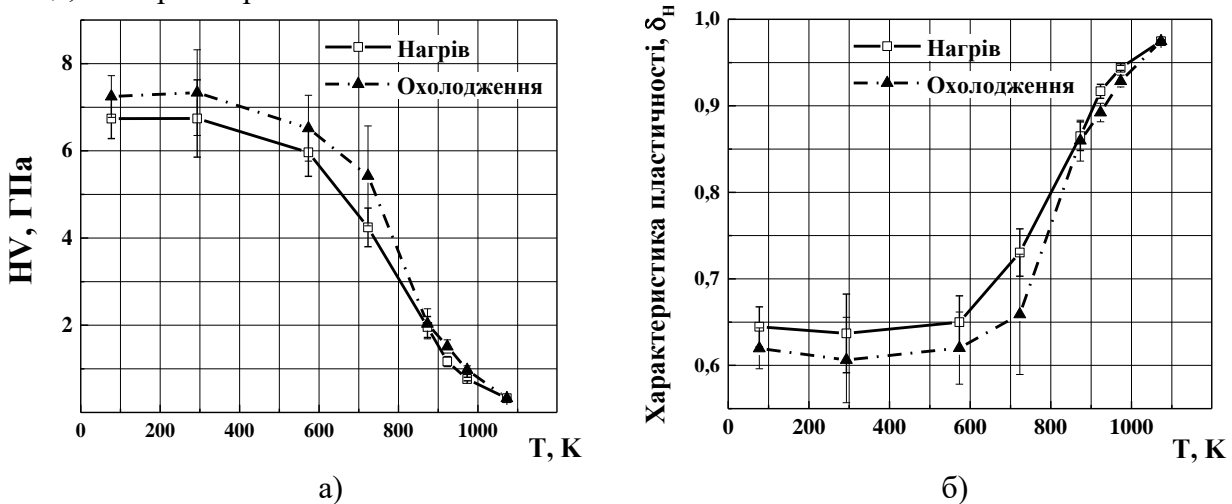


Рис. 1 – Температурна залежність а) мікротвердості б) характеристики пластичності

Метод локального індуентування дає можливість на основі вимірів твердості визначити пластичність [5], що особливо важливо для покриттів, т.к. інших можливостей вивчити пластичність покриттів немає. Температурна залежність фізичної пластичності  $\delta_n$  наведена на рис. 1б. При кімнатній температурі  $\delta_n = 0,62$ , що є типовим значенням для КК [5]. Зі зростанням температури твердість падає, а пластичність зростає і за 600 °С становить 0,9. Як було показано у роботі [5] значення  $\delta_n \geq 0,9$  є критичним значенням, вище якого у матеріалу з'являється макропластичність.

#### Список посилань

1. Dubois J.-M. Introduction to Quasicrystals./ Dubois J.-M. – Berlin: Springer Verlag, 1998. – 392 p.
2. Кисель В.М. Высокоскоростное воздушно-топливное напыление – современный метод нанесения жаро- и износостойких металлических и композиционных покрытий / В.М. Кисель, Ю.Е. Евдокименко, В.Х. Кадыров, Г.А. Фролов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – №8 (44). – С. 31-35.
3. Bresson I. Plastic deformation in AlCuFe icosahedral phase / L.Bresson L., D.Gratias //J. Non-Cryst. Solids. – 1993. – Vol. 153&154. – P. 468-472.
4. Гудцов Н.Т. Изучение процесса старения металлов и сплавов измерением твердости при нагреве в вакууме / Н.Т. Гудцов, И.Г. Лозинский // Журнал технической физики. – 1952. – Т.22, №8. – С.1249.
5. Yu.V. Milman. Plasticity characteristic obtained through hardness measurement (overview No. 107). / Yu.V. Milman, B.A. Galanov, S.I. Chugunova. // Acta Met. and Mater., V.41. – No.9. – 1993. – P.2523-2532.

УДК 621.762

Овчинников О.В., докт. техн. наук, професор

Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент

Бабарикін І.С., аспірант

Національний університет «Запорізька політехніка», [aek@zntu.edu.ua](mailto:aek@zntu.edu.ua)

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ 3D-ДРУКУ ЛАЗЕРНИХ ПРИНТЕРІВ

Адитивна технологія – це повноцінний виробничий процес для виготовлення деталей із складною геометрією. В адитивних технологіях можна виділити три напрямки. Це порошкові технології, екструдкування та фотополімеризація. Так як екструдкування та фотополімеризація використовує полімери та пластики, зупинимося більш докладно на порошкових технологіях. Порошкові технології можна розділити на такі напрямки:

**Пряме лазерне спікання металів.** Ця технологія є окремим випадком селективного лазерного спікання із застосуванням металопорошків.

**Селективне лазерне плавлення (SLM-технологія).** Ця технологія є аналогом лазерного спікання металів, а міцність деталей, отриманих методом SLM, залежить від способу обробки порошкового матеріалу за допомогою лазерного променя.

**Електронно-променева плавлення.** Цей метод схожий на SLM-метод, але з більш високою продуктивністю та зі зменшенням тріщиноутворення.

Для виробництва деталей та вузлів високотехнологічних виробів якими є авіаційні двигуни, останнім часом широко використовується лазерне селективне сплавлення.

У той же час для низки відповідальних деталей вітчизняного виробництва необхідно використовувати спеціальні матеріали, а саме жароміцні нікелеві сплави. Для ряду випадків ці матеріали за хімічним складом та фізико-механічними характеристиками відрізняються від існуючих у лазерному друку. Враховуючи великий обсяг необхідних досліджень, при розробці нових матеріалів для адитивного виробництва Мотор Січ проводить роботи з універсальними матеріалами, які можуть бути потрібні у різних галузях промисловості (а не тільки в авіаційній) та застосовані не в якомусь одному виді адитивного виробництва, а комплексно: для виробництва деталей, їх ремонту та зміцнення контактних поверхонь. До таких матеріалів можна віднести матеріал ЕП648, який застосовується для виготовлення високонавантажених деталей, штуцерів, фланців в умовах роботи при температурах до 950 °С; авіаційної техніки (диски, форсунки, лопатки газових турбін), які тривалий час працюють в агресивних газових середовищах при температурах до 1100 °С.

Тому необхідно проведення комплексних досліджень з обробки та оптимізації конструкцій та технологічних режимів лазерних принтерів для використання сферичних порошків із заданим хімічним складом та забезпечення у виробі необхідного рівня механічних та службових властивостей.

Для підвищення якісних та кількісних характеристик 3Д принтерів при виробництві деталей із жароміцних сплавів необхідно вирішити наступні завдання:

- визначити механізми підвищення якісних і кількісних характеристик жароміцних сплавів при використанні адитивних процесів;
- дослідити характеристики основного матеріалу присадки сферичних порошків нікелевих сплавів;
- встановити закономірності впливу технологічних характеристик лазерного принтера на структуру та властивості конструкційних жароміцних сплавів, одержаних шляхом сплавлення сферичних порошків;
- оптимізувати технологічні режими за рівнем механічних властивостей жароміцних сплавів з урахуванням геометрії виробу;
- провести промислову апробацію на дослідних виробі із дослідженням механічних та службових властивостей матеріалів.



УДК 621.762:669.01

Овчинников О.В., докт. техн. наук, професор

Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент

Буліш С.О., аспірант

Національний університет «Запорізька політехніка», [aek@zntu.edu.ua](mailto:aek@zntu.edu.ua)

## ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ СФЕРИЧНИХ ПОРОШКІВ ЗАДАНИХ ФРАКЦІЙ СПЕЦІАЛЬНИХ СПЛАВІВ

Інтенсивний розвиток адитивних технологій (АТ) друку металевих виробів вимагає створення спеціальних матеріалів у вигляді сферичних порошків з заданим гранулометричним складом (менше 80 мкм) і суворими вимогами до форми частинок (коефіцієнту сферичності) та наявністю мінімальної кількості дефектних частинок. Одним з найбільш поширених способів отримання порошків є технологія відцентрового плазмового розпилення (PREP).

Технологічні експерименти проводили за технологією PREP із використанням установки плазмово-дугового розпилювання «УЦР-4. Із застосуванням зазначеного технологічного обладнання проводили дослідження гранулометричного складу частинок при розпилюванні витратного електроду діаметром 50 мм, довжиною 700 мм. Плазмоутворюючим газом служив аргон вищих сортів ІЗ – І5 (He 30-50%) згідно ISO 14175:2008 «Welding consumables - Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes». Діаметр сопла мідного аноду складав 16 мм. Катодом слугував вольфрамовий електрод Ø 10-150 згідно ДСТУ EN ISO 6848:2015 Дугове зварювання та різання. Електроди вольфрамові неплавкі. Класифікація (EN ISO 6848:2015, IDT; ISO 6848:2015, IDT). В процесі розпилювання торець катоду приймає сферичну форму, але для збереження вольт-амперних характеристик дуги та відстані між анодом і катодом, тому перед кожним розпилюванням катод заточують, щоб торець був плоским. Витратний електрод розпилювали у камері діаметром 2500 мм, час розпилення складав 15 хв. Температура охолоджуючої рідини на плазмотроні не нижче 18 °С, витрата 3 м<sup>3</sup>/год. Витрата охолоджуючої рідини на камеру розпилення 10 м<sup>3</sup>/год.

Змінні параметри розпилення були межах: струм — 950..1000 А, напруга дуги – 45 В, витрата плазмоутворюючого газу – 65...75 л/хв, швидкість обертання витратного електроду – (17...22) × 10<sup>3</sup> хв<sup>-1</sup>, швидкість подачі витратного електроду – 0,05 м/хв, зазор між катодом та анодом – 3 мм, відстань між анодом та витратним електродом 30...50 мм, глибина занурення катода – 10 мм.

Гранулометричний склад лабораторних партій порошку проводили методом сухого ситового аналізу згідно методики ДСТУ 2640-94 Порошки металлические. Определение размера частиц сухим просеиванием (ISO 4497:1983, ГОСТ 18318-94, NEQ; IDT) за допомогою аналізатора ситового АС-200У (РОТАП) з набором сит, мкм: 25...40, 40...63, 63...80, 80...100, 100...125, 125...160, 160...200.

Дослідна перевірка розмірів порошку показала, що при розпиленні витратного електроду основною фракцією є фракція 63...160 мкм, яка складає 75...82% від загальної маси порошку, кількість частинок фракції < 63 мкм знаходиться на досить низькому рівні і не перевищує 14 %. В результаті досліджень морфології отриманого порошку показано, що у всіх досліджених зразках порошку частинки загалом мають правильну сферичну форму, зустрічаються сателіти та поодинокі частинки неправильної форми.

Таким чином показана можливість отримання сферичних порошків спеціальних сплавів та мінімальною кількістю дефектних частинок шляхом застосування технології PREP. Однак, гранулометричний склад отриманого порошку дозволяє застосовувати його лише в таких методах АТ, як наприклад мікроплазмове наплавлення, які успішно використовують фракції порошку до 160 мкм.

УДК 669.714

Мітяєв О.А., докт. техн. наук, професор  
Волчок І.П., докт. техн. наук, професор  
Капустян О.Є., канд. техн. наук  
Петрашов О. С., старший викладач

Національний університет «Запорізька політехніка», aek@zntu.edu.ua

## КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ЯКІСНИХ ВИРОБІВ З ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ

Завдяки своїм фізичним, механічним і технологічним властивостям алюміній та його сплави за обсягами виробництва та використання посідають друге місце після сплавів на основі заліза (сталей і чавунів). Зараз використовуються два основних методи виробництва алюмінію та сплавів на його основі: методом електролізу одержують первинний алюміній та методом переплаву алюмінієвого брухту і відходів виробництва – вторинний алюміній. Перший метод характеризується високими витратами електроенергії, вихідної сировини і значними трудозатратами та високими показниками якості продукції; другий метод – малою вартістю вихідної сировини, невисокими трудозатратами та невисокою якістю вторинних алюмінієвих сплавів внаслідок підвищення вмісту в них заліза, інших небажаних металів та водню. Обумовлено це відсутністю ефективних технологічних способів перероблення вторинних сплавів алюмінію

У зв'язку з цим перероблення відходів і отримання високоякісних вторинних алюмінієвих сплавів з шихти низької якості є актуальною науково-технічною проблемою. Співробітниками Національного університету «Запорізька політехніка» розроблена і запатентована [1, 2] комплексна технологія отримання з низькоякісного брухту та відходів виробництва, силумінів, котрі за рівнем механічних властивостей відповідають виробам з первинного алюмінію.

Основними технологічними процесами, що забезпечують високу якість вторинних алюмінієвих виробів були:

- сортування скрапу, за технологією, що забезпечувала отримання необхідного складу при мінімумі небажаних домішок (заліза, магнію та ін.) в сплавах, котрі, як правило, у вигляді чушок;
- рафінування металу флюсом [1] в процесі плавлення з використанням брухту і чушок;
- модифікування сплавів [2] з метою зниження газотримання та пористості, управління розмірами та формою структурних складових, підвищення щільності, механічних та службових властивостей.

В результаті комплексна технологія, котра охоплювала всі основні етапи виробництва, забезпечила отримання високоякісної продукції з брухту і відходів. Означена технологія пройшла широке опробування на ряді вітчизняних (Запорізький завод кольорових сплавів, АТ «МОТОР СІЧ») та зарубіжних промислових підприємствах.

### Список посилань

1. Пат. 58793А Україна, МКВ С22В 21/06, С22В 9/10. Флюс для обробки алюмінієвих сплавів. [Текст] / Волчок І. П., Мітяєв О. А. Рязанов С. Г. заявник та патентоутримувач Запорізький нац. техн. ун-т. - №2002108362: заявл. 22.10.2002; опубл. 15.08.2003. Бюл. № 8.
2. Пат. 57584А Україна, МКВ С22С 1/06. Модифікатор для алюмінієвих сплавів [Текст] / Волчок І. П., Мітяєв О. А.; заявник та патентоутримувач Запорізький нац. техн. ун-т. - №2002108343: заявл. 21.10.2002; опубл. 16.06.2003, Бюл. №6.

УДК 621.762:669.01

Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент  
Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент  
Бриков М.М., докт. техн. наук, професор

Національний університет «Запорізька політехніка», [mosipov61@ukr.net](mailto:mosipov61@ukr.net)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЛЕГОВАНОСТІ СТАЛІ-ЗВ'ЯЗКИ ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ КАРБІДОСТАЛЕЙ З ТiC

Попередніми нашими дослідженнями доведено, що в якості сталі-зв'язки зносостійких порошкових матеріалів перспективним є використання хромистих сталей, що мають у термообробленому стані аустеніто-мартенситну структуру, яка здатна до деформаційних фазових  $\gamma \rightarrow \alpha$  – перетворень у процесі зношування. Підтверджено, що такі мартенситні перетворення, які відбуваються у поверхневому шарі порошкової сталі в процесі зношування, призводять до підвищення мікротвердості поверхневого шару і зносостійкості деталі.

Досліджувалися карбідосталі зі зв'язками зі сталей ПХ2 і ПХ12Ф1, що містять 20 % об'єм. карбиду титану ТiС, одержаних способом гарячого ізостатичного пресування розпошеного порошку потрібного хімічного складу. Змішування розпилених порошків з ТiС проводили в змішувачі з похилою віссю та з додаванням сталевих куль діаметром 15-20 мм. Час змішування становив 50-54 години. Компактування контейнерів з порошками карбідосталей здійснювалося в газостаті типу «Qintus» за технологією УкрНДІСпецСталь.

Зразки гартувалися в масло з інтервалу температур, що забезпечує отримання в структурі зв'язки різну кількість аустеніту та мартенситу. Як абразив при випробуваннях на зносостійкість використовувався вогнетривкий шамот.

Аналіз результатів металографічних досліджень показав, що з підвищенням температури гартування карбідосталі відбувається закономірне (як і в литих кованих сталях) збільшення кількості залишкового аустеніту в структурі сталі-зв'язки, що супроводжується зниженням агрегатної твердості карбідосталі.

Фазовий аналіз зразків до і після зношування зафіксував перебіг деформаційних  $\gamma \rightarrow \alpha$ -перетворень на поверхні тертя. Причому кількість залишкового аустеніту, що перетворився, зростає з підвищенням температури гартування, що, однак, не супроводжується прямо пропорційним збільшенням зносостійкості карбідосталі. Очевидно, це пов'язано, як і у випадку зі сталями, які не містять додатково карбід титану, з надмірним підвищенням рівня легування матриці сталі-зв'язки хромом.

Максимальну опірність абразивному зношуванню мають обидві досліджувані карбідосталі, що мають у структурі матриці сталі-зв'язки близько 60 % залишкового аустеніту.

Структура сталі ПХ2 є практично одним твердим розчином, що легований вуглецем близько 1,3 % і хромом близько 2,2 %. У той же час, при гартуванні сталі ПХ12Ф1 з температур, що дозволяють створювати в її матриці необхідне співвідношення аустеніту і мартенситу, до складу структури входить ще близько 10-12 % карбідної надмірної фази і матриця, легована вуглецем у меншій кількості (близько 0,8 %), а хромом у більшому (близько 9 %), ніж для сталі ПХ2. При введенні в сталь ПХ2 та сталь ПХ12Ф1 карбідів титану в кількості 20 % об'єм. і створенні в процесі гартування оптимального співвідношення структурних складових у зв'язці, зносостійкість карбідосталі зі зв'язкою ПХ2 зростає в 1,7 рази, а карбідосталі ПХ12Ф1-20КТ всього в 1,5 рази.

Визначальний вплив на зносостійкість матриці сталі-зв'язки надає легованість твердого розчину вуглецем і хромом, тому для виготовлення карбідосталей з підвищеним вмістом карбідів (понад 20 % об'єм.), доцільно використання як зв'язку сталь ПХ2, що не містить дефіцитних легуючих елементів.

УДК 621.791.927.5-023

Молочков Д.Є., аспірант  
Куликовський Р.А., канд. техн. наук, доцент  
Національний університет «Запорізька політехніка», dmolochkov@gmail.com

## ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ ДРОТУ НА НЕРІВНОМІРНІСТЬ ПОВЕРХОНЬ І МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКОСТІННИХ ДЕТАЛЕЙ, ВИРОЩЕНИХ МЕТОДОМ WAAM

Технологія Wire and Arc Additive Manufacturing (WAAM) має великий потенціал зниження витрат на матеріали та скорочення часу виробництва одиночних деталей або їх невеликих серій. Однак, у порівнянні з механічною обробкою фрезеруванням або сплавленням порошку, поверхні деталей, виготовлених за технологією WAAM, мають виражену хвилястість від 0,15 до 1,0 мм. Така геометрія поверхні обмежує можливості дизайну та застосування деталей у необробленому вигляді, і тому вони потребують додаткової обробки. Зменшення обсягу механічної обробки під час виробництва середніх і великогабаритних деталей дозволить прискорити процес виробництва, знизити витрати на ріжучий інструмент, електроенергію та спростити етапи виробництва.

Хвилястість поверхонь, утворених внаслідок пошарового наплавлення і кристалізації металу, а також дефекти нанесення металу, потенційно можуть впливати на механічні властивості деталей, тому їх слід враховувати при аналізі та проектуванні конструкцій [1]. Нерівномірність поверхонь є однією з причин анізотропії механічних властивостей деталей і призводить до зниження границі міцності, умовної границі плинності  $\sigma_{0,2}$  та зниження модуля Юнга до 20% для поперечних зразків у порівнянні з поздовжніми зразками [2-4].

Водночас, окрім типової хвилястості, при WAAM можуть виникати нетипові відхилення геометрії бічних поверхонь виробу, пов'язані зі зношуванням контактної наконечника. Флуктуації та зміна відносного положення присадного дроту, спричинені його кривизною та зношуванням контактної наконечника, збільшують хвилястість поверхонь деталей та є причиною значних відхилень від площинності бічних поверхонь виробу. При заміні зношеного наконечника на новий, дріт повертається в початкове положення. Таким чином, періодична зміна положення дроту призводить до відхилень геометричних параметрів від номінальних.

Зсув бічних поверхонь виробу, які формуються в процесі вирощування, викликає проблеми не лише з правильним позиціонування окремих вирощуваних елементів, але й з нерівномірним розподіленням напружень при стискаючих і розтягуючих навантаженнях. На прикладі двох зразків (рис. 1, а), вирощених за однакових умов з нелегованого сталюого дроту марки ER70S-6, можна спостерігати вплив цього дефекту, що виникає після заміни зношеного наконечника.

Моделювання випробування на розрив методом скінченних елементів при навантаженні 23 кН показало, що в контрольному зразку (рис. 1, г) виникають рівномірно розподілені напруження з максимальним значенням 293 МПа. Напруження в зразку, виготовленого методом WAAM без зсуву та в аналогічному зразку із зсувом, перевищують контрольний зразок відповідно на 42% та 67%. При цьому, залишкова деформація зразка із зсувом при розтягуванні складає 0,5%. Через характерну хвилястість поверхні, зразок без зсуву має зниження витривалості при циклічному навантаженні до 1380 циклів порівняно з 16350 для контрольного зразка.

Моделювання випробування стискання з силою 23 кН показало, що максимальні напруження в контрольному зразку не перевищують 293 МПа. Через дефекти геометрії бічних поверхонь, напруження в зразку без зсуву та в зразку із зсувом становлять відповідно 48% та 64% від контрольного зразка. Зразок без зсуву витримує до 1300 циклів при циклічному навантаженні, тоді як контрольний зразок зберігає цілісність до 16400 циклів.

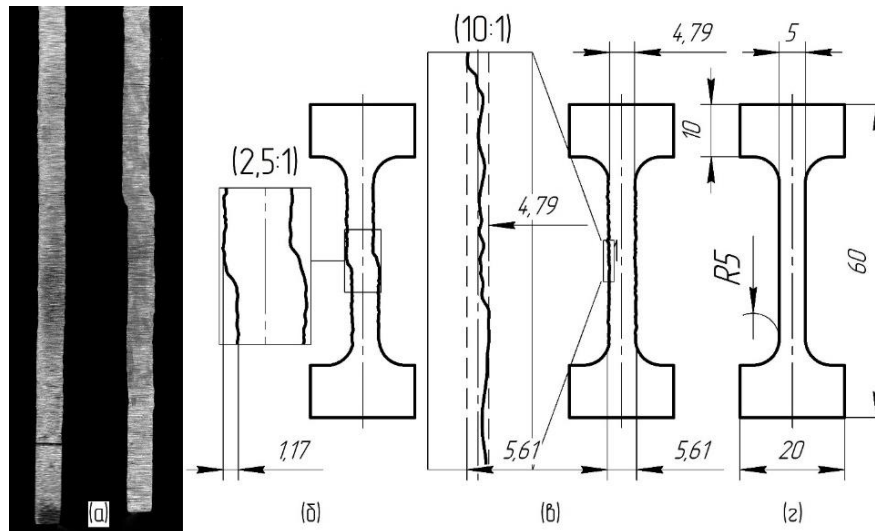


Рис. 1 – Скановані зразки (а) та зразки із зсувом (б), без зсуву (в) та контрольний (г)

Дефект геометрії бічних поверхонь у вигляді зсуву стінки виробу від первинної осі, який виникає при заміні зношеного наконечника під час процесу пошарового вирощування, значно підвищує рівень напружень через ексцентриситет навантаження. У зразку з дефектом спостерігається нерівномірне розподілення напружень по перерізу, що призводить до зниження ефективності використання матеріалу. При стискаючому навантаженні, ексцентриситет навантаження створює дестабілізуючу дію, яка разом з перевищенням границі плинності в зонах, де утворилися концентратори напружень, веде до деформування стінки виробу при різних видах навантажень. Особливо критично досліджений дефект впливає на витривалість деталей при циклічному навантаженні.

Таким чином встановлено, що утворення подібних дефектів при вирощуванні тонкостінних виробів методом WAAM є неприпустимим, оскільки елементи конструкції зазвичай проєктуються для експлуатації в умовах навантаження, що не перевищують межі пружної деформації, або з урахуванням виконання певних вимог щодо жорсткості, за винятком випадків, коли елементи конструюються спеціально для пластичного руйнування при ударному навантаженні. Запобігання можливого зниження витривалості шляхом збільшення перерізу конструкційних елементів знизить ефективність використання матеріалу виробу. Крім того, вплив такого дефекту має бути досліджено для кожної окремої конструкції, яка має специфічний профіль та індивідуальні граничні умови роботи.

Зношування контактного наконечника є невідоротним і поступовим процесом, внаслідок якого присадний дріт змінює відносне положення і, відповідно, змінюється місце нанесення матеріалу. Дослідивши швидкість зносу контактних наконечників за різних параметрів вирощування, можна оптимізувати періодичність їх заміни та передбачити відносне відхилення дроту при створенні траєкторії вирощування виробу. Зменшення розмірів та кількості геометричних дефектів допоможе зменшити кількість постобробки, прискорити та здешевити виробництво.

#### Список посилань

1. Laghi V., Palermo M., Gasparini G., Alena Girelli V., Trombetti T. Geometrical Characterization of Wire-and-Arc Additive Manufactured Steel Element. *Advanced Materials Letters*. 2019. Вип. 10, № 10. С. 695–699. <https://doi.org/10.5185/amlett.2019.0019>
2. Laghi V., Palermo M., Gasparini G., Girelli V. A., Trombetti T. Experimental results for structural design of Wire-and-Arc Additive Manufactured stainless steel members. *Journal of Constructional Steel Research*. 2020. Вип. 167. С. 105858. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2019.105858>
3. Hadjipantelis N., Weber B., Buchanan C., Gardner L. Description of anisotropic material response of wire and arc additively manufactured thin-walled stainless steel elements. *Thin-Walled Structures*. 2022. Вип. 171, № February. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2021.108634>

4. Laghi V., Palermo M., Gasparini G., Girelli V. A., Trombetti T. On the influence of the geometrical irregularities in the mechanical response of Wire-and-Arc Additively Manufactured planar elements. Journal of Constructional Steel Research. 2021. Вип. 178. С. 106490. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106490>

УДК 621.791.76/79

**Гущин К.В.**  
**Зяхор І.В., канд. техн. наук**  
**Завертанний М.С., канд. техн. наук**  
**Самотрясов С.М.**  
**Наконечний А.О.**

Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ, [zyakhor2@ukr.net](mailto:zyakhor2@ukr.net)

### **ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОЇ ПРОМІЖНОЇ ВСТАВКИ НА ЕТАПІ НАГРІВАННЯ ОПОРОМ ПРИ КОНТАКТНОМУ СТИКОВОМУ ЗВАРЮВАННІ ДЕТАЛЕЙ З АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ**

Контактне стикове зварювання (КСЗ) оплавленням є ефективною технологією одержання нероз'ємних з'єднань при виготовленні силових елементів літальних апаратів із алюмінієвих сплавів. Цей спосіб зварювання забезпечує високу стабільну якість з'єднань, об'єднує в єдиному циклі складальні та зварювальні операції та не вимагає застосування допоміжних витратних матеріалів [1-4].

При зварюванні заготовок алюмінієвих сплавів товщиною до 10...12 мм технологія КСЗ забезпечує високі показники міцності та якісне (бездефектне) з'єднання при незначній ширині зони термічного впливу (ЗТВ) [5]. При КСЗ профілів більшої товщини необхідно здійснювати попередній підігрів заготовок опором за рахунок пропускання електричного струму високої щільності з подальшим переходом до етапу оплавлення. При КСЗ термічно зміцнених алюмінієвих сплавів, застосування попереднього підігріву призводить до збільшення ширини ЗТВ та втрати міцності металу в цій зоні.

Підвищення ефективності попереднього підігріву опором, зменшення його тривалості та втрати енергії на нагрівання зварювального контуру є актуальною проблемою, вирішення якої забезпечить суттєву економію енергії та підвищення механічних властивостей зварних з'єднань виробів із термічнозміцнених алюмінієвих сплавів.

Мета роботи – встановити можливість підвищення ефективності попереднього підігріву опором при КСЗ алюмінієвих сплавів за рахунок інтенсифікації та локалізації процесу тепловиділення в зоні контакту заготовок.

Запропоновано технологічну концепцію КСЗ оплавленням з попереднім підігрівом опором з використанням комбінованої проміжної вставки із шарів матеріалів з високим електричним опором та високою теплопровідністю, що забезпечує концентрацію виділення тепла в стику між деталями та його рівномірний розподіл по перетину.

Дослідження процесу нагрівання проводили з використанням машини для стикового зварювання типу K607. Діапазон зміни щільності струму складав 7,5...15 А/мм<sup>2</sup>, а часу нагрівання 40...60 с. Використовувались заготовки із алюмінієвого сплаву 1201 товщиною 30 мм. Комбінована вставка виготовлялась шляхом наплавлення шарів міді товщиною 3 мм з двох сторін пластини із сталі 12X18H10T товщиною 6 мм. Дослідження температурних полів здійснювались за допомогою комп'ютеризованої системи реєстрації температури на базі 8-канального USB-модулю для термопар Advantech USB-4718 з використанням термопар хромель-алюмель  $\varnothing 0,5$  мм.

Результати експериментів свідчать про значний ефект використання комбінованої вставки при нагріванні опором – суттєво підвищується градієнт температурного поля в заготовках при всіх значеннях щільності струму і часу нагрівання, які досліджувались.



Вказаний ефект досягається за рахунок інтенсифікації та локалізації процесу тепловиділення в зоні контакту деталей і відповідного зменшення втрати енергії на нагрівання вторинного контуру зварювальної машини.

Встановлено суттєве зростання градієнту температурного поля в деталях при нагріванні через комбіновану вставку: температура в зоні контакту, при тривалості нагрівання 40 с та зміні щільності струму від 7,5 до 15 А/мм<sup>2</sup>, складала T=125...420°C, у порівнянні з T=80...270°C при нагріванні без вставки. Зокрема, при щільності струму J=10 А/мм<sup>2</sup> за рахунок використання комбінованої вставки температура в зоні контакту зростає зі 102°C до 240°C (рис.1). Вказаний результат важливий з точки зору стабільності наступних етапів оплавлення при КСЗ і з практичної точки зору дає можливість гарантувати відсутність дефектів зварювання при суттєво меншій потужності джерела живлення зварювальної машини та прогнозувати вищі показники міцності зварних з'єднань.

Встановлено, що в досліджуваному діапазоні щільності струму, зовнішні мідні прошарки перерозподіляють температурне поле в площині комбінованої вставки, мінімізуючи градієнт температури по товщині заготовок при односторонньому (нерівномірному) струмовідводі.

Результати досліджень підтверджують ефективність технологічної концепції КСЗ алюмінієвих сплавів з попереднім підігрівом опором з використанням багаторазової комбінованої вставки із матеріалів з високими омичним опором та теплопровідністю.

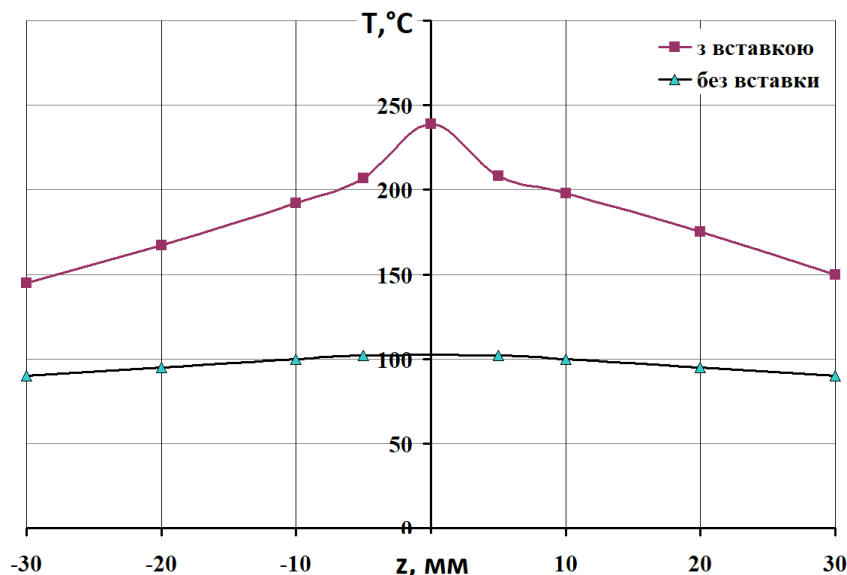


Рис. 1 – Температурні поля при нагріванні опором деталей товщиною 30 мм із сплаву 1201 при J=10 А/мм<sup>2</sup> з використанням комбінованої вставки та без неї

#### Список посилань

1. Кучук-Яценко, С.И. Особенности контактной стыковой сварки высокопрочного алюминиевого сплава 2219 [Текст] / С.И. Кучук-Яценко, П.Н. Четверо, Л.А. Семенов, С.М. Самотрясов, К.В.Гущин // Автоматическая сварка. – 2010. – № 3. – С. 9 – 12.
2. Гуреева, М.А. Алюминиевые сплавы в сварных конструкциях современных транспортных средств [Текст] / М.А. Гуреева, О.Е. Грушко // Машиностроение и инженерное образование. – 2009. – № 3. – С. 27 – 41.
3. Сетюков, О.А. Алюминиевый сплав 1201 в конструкции космического корабля «Буран». [Текст] / О.А. Сетюков // Авиационные материалы и технологии. – 2013. – № 1. – С. 15 – 18.
4. Лобанов, Л.М. Наука про матеріали: досягнення та перспективи. У 2-х т. Т.2 [Текст] / Л.М. Лобанов, С.И. Кучук-Яценко, К.В. Гущин – Київ: Академперіодика, 2018. – 395 с.
5. Vukolov, P.Yu. Resistance flash butt welding of pressed profiles of 1545KM alloy (Al–Mg–Sc) [Текст] / P.Yu. Vukolov, K.I. Epifanov, L.A. Boyarinova, T.V. Turkina, G.A. Menshikov // Welding International. – 2017. – Т 31. – № 12. – С. 969 – 973. DOI:10.1080/09507116.2017.1369057.

УДК 621.791.14

Зяхор І.В., канд. техн. наук  
Завертанний М.С., канд. техн. наук  
Гущин К.В.  
Левчук А.М.  
Шило Ю.А.

Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ, zyakhor2@ukr.net

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЗОНИ З'ЄДНАННЯ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ТЕРТЯМ ЧЕРЕЗ ЛОКАЛЬНИЙ ПЕРЕХІДНИЙ ЕЛЕМЕНТ

Способами зварювання тиском вдається успішно з'єднувати різноманітні матеріали, які значно відрізняються за своїми механічними та теплофізичними властивостями. Однак існує значна кількість сполучень матеріалів, безпосереднє зварювання яких не забезпечує одержання якісних з'єднань. Зокрема, до таких відносяться сполучення титанових сплавів із сталлями і нікелевими сплавами, сталей з високоміцними алюмінієвими сплавами та ін. В деяких випадках якісне з'єднання одержати вдається, але його властивості швидко деградують в умовах експлуатації зварного вузла, наприклад, при експлуатації зварних вузлів із аустенітної і перлітної сталей в умовах високих температур [1].

Для вирішення даної проблеми при способах зварювання тиском розроблені технологічні рішення, які ґрунтуються на використанні перехідного елемента (ПЕ) з інших металів і сплавів. При відповідному виборі матеріалу ПЕ формуються якісні з'єднання, що не втрачають свої властивості у процесі експлуатації зварного вузла. Так, при зварюванні тертям (ЗТ) однорідних і різнорідних сполучень матеріалів використовували ПЕ з інших металів і сплавів, який перед зварюванням розташовують у заглибленні циліндричної форми однієї із заготовок [2]. Однак, як зазначається у даній роботі, міцність зварних з'єднань для різнорідного поєднання матеріалів значно нижча за відповідні показники для основного матеріалу заготовок.

Існує ряд технічних рішень, які передбачають послідовне ЗТ однієї із заготовок із ПЕ та механічну обробку до заданих розмірів з наступним зварюванням заготовок [1, 3]. Зокрема, при ЗТ різнорідного з'єднання заготовок із мартенситної сталі 9Cr-1Vо-V-Nb і аустенітної сталі 18Cr-8Ni для запобігання утворення проміжного крихкого прошарку, використовували ПЕ з аустенітної сталі 309S або 310S [1]. Спочатку ПЕ приварювали по всій площі перерізу із заготовкою сталі 9Cr-1Vо-V-Nb, механічно обробляли до заданої товщини, а потім виконували ЗТ із сталлю 18Cr-8Ni. Товщина ПЕ у комбінованому зварному з'єднанні при такій технологічній схемі є практично рівномірною по перерізу заготовок і становить близько 10 мм.

Для описаних технічних рішень спільним є неможливість одержання комбінованих стикових зварних з'єднань з ПЕ, товщина якого становить менше 1 мм (для досягнення ефекту контактного зміцнення з'єднання з тонкими прошарками) і змінюється по перерізу заготовок. В умовах експлуатації зварного виробу розподіл механічних напружень по перерізу заготовок, як правило, є нерівномірним (наприклад, у центральній частині заготовок механічні напруження при стисненні або розтягненні значно відрізняються у порівнянні з периферійною частиною перерізу).

Мета досліджень – визначити можливість отримання комбінованих з'єднань з ПЕ, товщина якого становить менше 1 мм і змінюється по перерізу заготовок.

Відповідно до поставленої мети, було змінено технологічну схему ЗТ через ПЕ. Проводили експерименти по ЗТ заготовок діаметром 18 мм із сталі 20 через локальний ПЕ із сталі 12X18N10T, розміщений у центральній частині перерізу заготовок. Попередньо до зварювання у центрі поперечного перерізу однієї із заготовок співвісно її осі виконували заглиблення у формі конуса (рис. 1, а) глибиною  $h_0 = 0,1-1,0$  від величини припуску на

осадку  $l_{oc}$  при ЗТ. Площу поперечного перерізу заглиблення  $S_{загл.}$  задавали в діапазоні (0,05-0,5) від площі перерізу заготовок  $S_3$ . У виконанні механічною обробкою заглиблення, урівень торцевої поверхні заготовки, методом зварювання неплавким електродом у захисному інертному газі закріплювали перехідний елемент із сталі 12X18H10T. Після цього виконували ЗТ з заданим припуском на осадку  $l_{oc}$ .

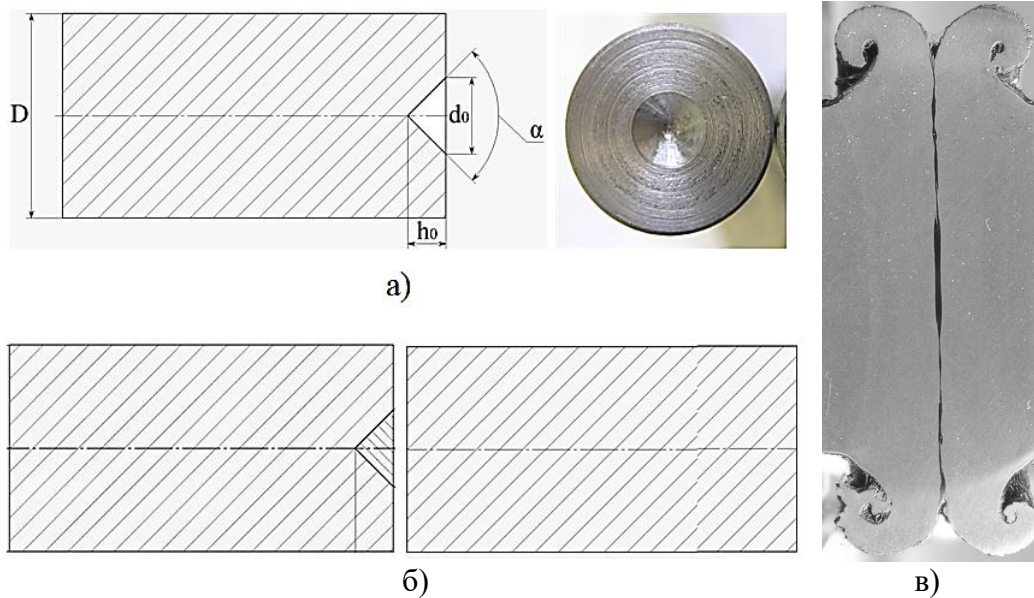


Рис. 1 – Зразок перед ЗТ (а), схема ЗТ через ПЕ (б), макрошліф з'єднання (в)

Дослідженнями встановлене явище, яке полягає у тому, що в процесі ЗТ пластифікований матеріал ПЕ із центральної частини перерізу заготовок при своєму переміщенні у напрямку периферійної частини відтісняє приконтатні об'єми металу сталі 20 у радіальному напрямку і одночасно – в осьовому напрямку углиб заготовок. При досягненні деякої величини осьової деформації заготовок, зона контакту заготовок формується тільки з матеріалу ПЕ, а саме із сталі 12X18H10T.

Зварне з'єднання заготовок із сталі 20, утворене при ЗТ через перехідний елемент із сталі 12X18H10T представлено на рис. 1, б. Як видно, при ЗТ забезпечується повне заповнення зони контакту заготовок матеріалом ПЕ по всій площі перерізу заготовок у вигляді суцільного прошарку. Товщина ПЕ змінюється по поперечному перерізу заготовок і становить 0,1 – 0,4 мм, що забезпечує можливість реалізації ефекту контактного зміцнення при випробуваннях на статичний розрив. При механічних випробуваннях зразків зварних з'єднань на міцність одержано результати суттєво вищі показників для основного металу сталі 20 і сталі 12X18H10T.

#### Список посилань

1. Yamazaki, M. Creep rupture properties and fracture type of 9Cr-1Vо-V-Nb/18Cr-8Ni steel dissimilar joints [Текст] / М. Yamazaki, Т. Watanabe, Y. Yjngo, V. Tabuchi // Welding in the world. – 2011. – № 55. – Р. 67 – 75.
2. Sassani, F. Friction welding of incompatible materials [Текст] / F. Sassani, J.R. Neelam // Welding Journal. – 1988. – № 11. – Р. 264 – 270.
3. Черненко, И.А. Сварка трением бронзы Бр012 и силумина со сталями через промежуточные прослойки из меди и алюминия [Текст] / И.А. Черненко, А.Г. Захаров, И.А. Цуруль, Б.А. Форостовец // Автоматическая сварка. – 1991. – № 11. – С. 56 – 57.

УДК 621.791.762.5

Антіпін Є.В.  
Зяхор І.В., канд. техн. наук  
Дідковський О.В.  
Кавуніченко О.В., канд. техн. наук  
Левчук А.М.  
Шило Ю.А.

Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ, kaladze@meta.ua

## ТЕХНОЛОГІЯ КОНТАКТНОГО СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПЛАВЛЕННЯМ ТЕРМІЧНОЗМІЦНЕНИХ РЕЙОК

На залізницях України використовують рейки класу R260 (нетермозміцнені) і 2 типи термічнозміцнених рейок – поверхнево-загартовані (R350HT) і поверхнево-загартовані, мікролеговані ванадієм (K76Ф). Показники міцності та зносостійкості рейок забезпечуються за рахунок отримання регламентованої перлітної структури заданої дисперсності (сорбітно-трооститної), яка визначає розподіл твердості по перерізу рейки.

При виконанні контактного стикового зварювання оплавленням (КСЗО) рейок на рейкозварювальних підприємствах АТ “Укрзалізниця” технологічні режими КСЗО визначаються експериментально для наявного типу рейок і конкретної рейкозварювальної машини. Дотепер не визначений єдиний алгоритм забезпечення якості зварних з’єднань рейок при зміні зовнішніх факторів (виробник рейок, марка сталі, стан рейкозварювальної машини, параметри дизель-генератора, якість підготовки торців рейок).

Відповідно до вітчизняних і європейських нормативних документів [1–3] вимоги до зварних з’єднань залізничних рейок можна умовно розділити на групи:

- показники механічних властивостей – стріла прогину і навантаження до руйнування при випробуваннях стиків на статичний поперечний згин;
- наявність дефектів – види недопустимих і максимальні розміри та кількість допустимих дефектів;
- параметри зони термічного впливу (ЗТВ) – її ширина та нерівномірність по довжині та перерізу рейок при аналізі макроструктури зварних стиків;
- розподіл твердості у ЗТВ (мінімальне і максимальне значення);
- мікроструктура металу в зоні з’єднання і ЗТВ – допустима перлітна структура різної дисперсності (перліт, сорбіт, троостит), виключається наявність ділянок з мартенситною та бейнітною структурою;
- показники при випробуваннях стиків на циклічну міцність.

Порівняльний аналіз [1–3] показує, що існують суттєві відмінності у вимогах вітчизняного та європейських стандартів, зокрема, в необхідності визначення показників міцності при циклічних навантаженнях зварних стиків, кількісної оцінки параметрів ЗТВ (ширина, рівномірність по перерізу рейок) і запобігання утворенню гартівних структур в зоні з’єднання і ЗТВ. Ці вимоги європейських стандартів обумовлюють необхідність врахування енергетичних параметрів процесу КСЗО, тобто тих які визначають термічний цикл і температурне поле у зварному з’єднанні.

Суттєвими параметрами термічного циклу при КСЗО є час перебування металу з’єднання в аустенітній області і швидкість охолодження в інтервалі температур перетворення аустеніту, які визначають розмір зерна, дисперсність перліту, показники міцності, пластичності і розподіл твердості в зоні зварного з’єднання. Відомо, що при КСЗО термічнозміцнених рейок проблемою є утворення в ЗТВ градієнту твердості – зон пониженої твердості з обох боків від лінії з’єднання («Double Dip Hardness») [4, 5].

На основі аналізу результатів багаторічного практичного досвіду по КСЗО рейок, механічних випробувань і металографічних досліджень зварних стиків встановлено, що

забезпечення у визначених межах технологічних параметрів КСЗО, таких як вторинна напруга, час, припуск та швидкість оплавлення, величина та швидкість осадки є необхідною, але недостатньою умовою одержання з'єднань, які задовольняють вимогам діючих стандартів по всім регламентованим критеріям.

Розрахунковим шляхом на основі розробленої математичної моделі процесу нагрівання при КСЗО пульсуючим оплавленням визначено потужність виділення енергії при різних значеннях технологічних параметрів. Проведено аналіз температурних полів при енерговкладенні  $Q$  в діапазоні  $Q=2,0\dots5,0$  кВт·год. і показано, що величина  $Q$  може бути використана в якості комплексного параметра, який враховує вплив всіх енергетичних параметрів процесу КСЗО та зовнішніх факторів (відхилення від заданих умов виробничого циклу КСЗО рейок).

Використовуючи діаграми трансформації рейкових сталей R260, R350HT, K76Ф при безперервному охолодженні було визначено діапазон зміни величини енерговкладення  $Q$ , при якому забезпечується у зоні з'єднання перлітна структура заданої дисперсності та досягаються показники твердості згідно з вимогами діючих стандартів. Показано, що при КСЗО рейок забезпечення величини  $Q$  у заданих межах гарантує повторюваність умов формування зварних стиків (при умові відсутності недопустимих відхилень процесу КСЗО, які реєструються комп'ютеризованою системою контролю зварювальної машини). Розрахунково-експериментальними дослідженнями визначено діапазон зміни  $Q$ , в якому забезпечується формування якісних з'єднань рейок і досягнення регламентованих вимог до показників їх механічних властивостей, а саме:

- для нетермозміцнених рейок (R260)  $Q=3,5\dots4,5$  кВт·год.
- для поверхнево-загартованих рейок (R350HT)  $Q=3,3\dots4,0$  кВт·год.
- для поверхнево-загартованих і мікролегованих рейок (K76Ф)  $Q=3,2\dots3,9$  кВт·год.
- для всіх типів рейок  $Q=3,5\dots3,9$  кВт·год.

Показано, що варіювання величини енерговкладення  $Q$  у визначених межах забезпечує задану швидкість охолодження зварних стиків в інтервалі температур перетворення аустеніту і обумовлює утворення в зоні з'єднання високодисперсного пластинчатого перліту (сорбіто-трооститної структури) і розподіл твердості згідно до вимог [1–3].

На основі проведених досліджень розроблено технологію контактного стикового зварювання пульсуючим оплавленням сучасних рейок конверторного виробництва, удосконалено системи управління процесом КСЗО і контролю якості з'єднань. Удосконалені системи адаптовано до мобільних рейкозварювальних машин, які використовуються на рейкозварювальних підприємствах АТ “Укрзалізниця”.

#### Список посилань

1. ТУ У 24.1-40075815-002:2016. Рейки нові зварені для залізниць. Технічні умови.
2. EN 14587-1:2018 (E). Railway applications - Infrastructure - Flash butt welding of new rails - Part 1: R220, R260, R260Mn, R320Cr, R350HT, R350LHT, R370CrHT and R400HT grade rails in a fixed plant.
3. EN 14587-2:2009 (E). Railway applications – Track – Flash butt welding of rails – Part 2: New R220, R260, R260Mn and R350HT grade rails by mobile welding machines at sites other than a fixed plant.
4. Weingrill, L. Temperature field evolution during flash-butt welding of railway rails. [Текст] / L. Weingrill, J. Krutzler, N. Enzinger // Materials Science Forum. – 2016. – № 879. – P. 2088 – 2093. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.879.2088
5. D 4.6.1. The influence of the working procedures on the formation and shape of the HAZ of flash butt and aluminothermic welds in rails. (2008). INNTRACK Project TIP5-CT-2006-031415. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.inntrack.eu>

УДК 621.791.762.5

Кавуніченко О.В., канд. техн. наук  
Зягор І.В., канд. техн. наук  
Антіпін Є.В.  
Дідковський О.В.  
Шило Ю.А.  
Левчук А.М.

Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ, zyakhor2@ukr.net

## ТЕХНОЛОГІЯ КОНТАКТНОГО СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПЛАВЛЕННЯМ ВИСОКО ЗНОСОСТІЙКОЇ СТАЛІ 110Г13Л ІЗ СУЧАСНИМИ РЕЙКОВИМИ СТАЛЯМИ КОНВЕРТОРНОГО ВИРОБНИЦТВА

При виготовленні залізничних хрестовин використовують контактне стикове зварювання оплавленням (КСЗО) для з'єднання осердя із зносостійкої сталі 110Г13Л з рейковими закінченнями із мартенівської сталі М76 через проміжну вставку із аустенітної хромонікелевої сталі 08Х18Н10Т. Заміна рейкової сталі М76 на конверторну сталь К76Ф класу міцності ДТ350 вимагає розробки удосконаленої технології КСЗО. Об'єкт дослідження – формування нероз'ємних з'єднань високомарганцевої сталі 110Г13Л із сучасними рейковими сталями при контактному стиковому зварюванні оплавленням.

Мета роботи – встановити вплив температурно-часових та енергосилових параметрів при КСЗО на формування структури та фазового складу, механічних характеристик твердофазних з'єднань зносостійкої високомарганцевої сталі 110Г13Л з рейковою сталлю К76Ф через вставку із аустенітної хромонікелевої сталі; розробити ефективну технологію КСЗО залізничних хрестовин.

Методи дослідження – розрахункові та експериментальні, зокрема, реєстрація зміни технологічних параметрів і термічних циклів при різних способах пресового зварювання, механічні випробування зварних з'єднань, методи світлової (Neophot-32), скануючої електронної мікроскопії (ОЖЕ-мікрозонд JAMP-9500F, «JEOL» із встановленим EDS-спектрометром OXFORD EDS INCA Energy 350), вимірювання твердості (NOVOTEST TC-GRB), мікротвердості (М400, «Лесо»).

Проблеми, характерні для зварювання різнорідних сталей, пов'язані з структурною та хімічною неоднорідністю зони з'єднання, можливістю утворення крихкого проміжного прошарку змінного хімічного складу, зокрема ділянок з мартенситною структурою.

За допомогою алгоритму чисельного вирішення тривимірного рівняння теплопровідності при початкових і граничних умовах, відповідних до реальних умов зварювання зразків, отримано термічні цикли при КСЗО сталі марки К76Ф із аустенітною сталлю 08Х18Н10Т (стик 1) та сталі 110Г13Л із вставкою із сталі 08Х18Н10Т (стик 2).

Розрахунковим і експериментальним методами визначено розподіл температури у зварних стиках (у зоні термічного впливу зварних з'єднань). Визначено діапазони зміни основних технологічних параметрів процесу КСЗО, при яких у процесі оплавлення рейок із сталей К76Ф, 110Г13Л та 08Х18Н10Т забезпечується їх рівномірне нагрівання по перерізу та довжині, достатнє для виконання деформації на задану величину при осадці.

Металографічними дослідженнями з'єднань сталей К76Ф і 110Г13Л через вставку із сталі 08Х18Н10Т показано, що при КСЗО в з'єднанні можуть утворюватись перехідні зони зі змінним хімічним складом глибиною до 3 мм, що є причиною утворення структурної неоднорідності в цій зоні. У з'єднанні присутні перлітні, аустенітні й структури збідненого легованого аустеніту, схильні до мартенситного перетворення. Нестабільні структури збідненого легованого аустеніту розташовуються на відстані близько 2 мм від лінії з'єднання, й ця зона має найнижчу пластичність у з'єднанні.



Обґрунтовано при виготовленні залізничних хрестовин (рис. 1, а) використання технології КСЗО пульсуючим оплавленням, при якій суттєво (приблизно у 2 рази) скорочуються час процесу КСЗО і величина припуску на оплавлення. Показано, що при КСЗО пульсуючим оплавленням забезпечується дозоване енерговкладення і можливість реалізації заданих термічних циклів для запобігання наявності нерегламентованого підвищення твердості (рис. 1, б) внаслідок утворення крихких структурних складових у зварних з'єднаннях.

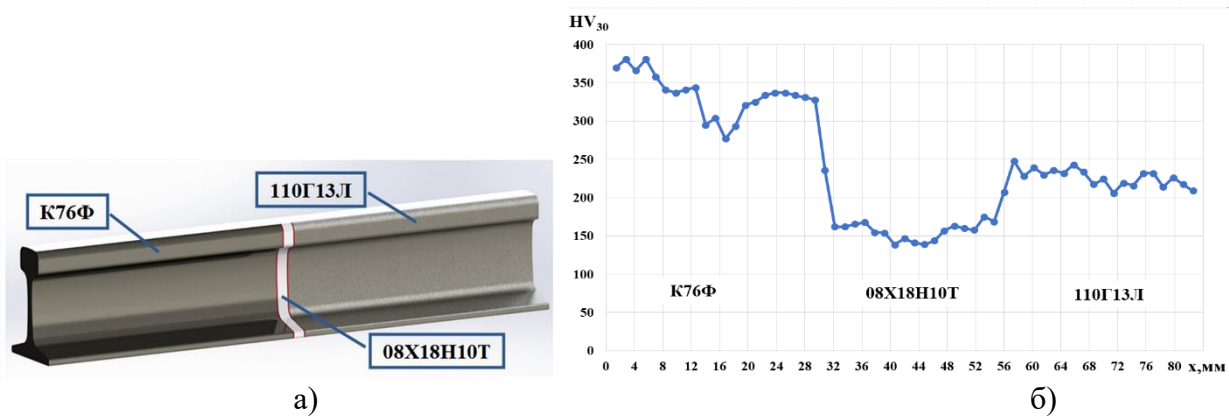


Рис. 1 – Схема комбінованого з'єднання (а), розподіл твердості у зварній хрестовині із сталей К76Ф/08Х18Н10Т/110Г13Л (б)

Встановлено вплив процесу КСЗО стика 2 на структурні зміни у зоні з'єднання стика 1. Встановлено мінімальну ширину вставки із сталі 08Х18Н10Т, при якій не відбувається нагрів стика 1 до температур  $T > T_{AC3}$ , і виключаються негативні структурні перетворення у стика 1. Встановлено, що відсутність крихких карбідів хрому в зоні термічного впливу обох стиків комбінованого з'єднання (рис. 2) забезпечується за рахунок реалізації заданих температурно-часових умов КСЗО пульсуючим оплавленням, при яких не відбувається суттєва дифузія вуглецю в зоні з'єднання К76Ф/08Х18Н10Т, при умові оптимізації ширини проміжної вставки із сталі 08Х18Н10Т. При використанні розробленої технології КСЗО забезпечується отримання перлітної структури заданої дисперсності (сорбітно-трооститної) з боку рейкової сталі К76Ф і розподіл твердості, який відповідає вимогам чинних стандартів: ТУ У 30.2-14367980-028:2018 та EN14587-3:2012.

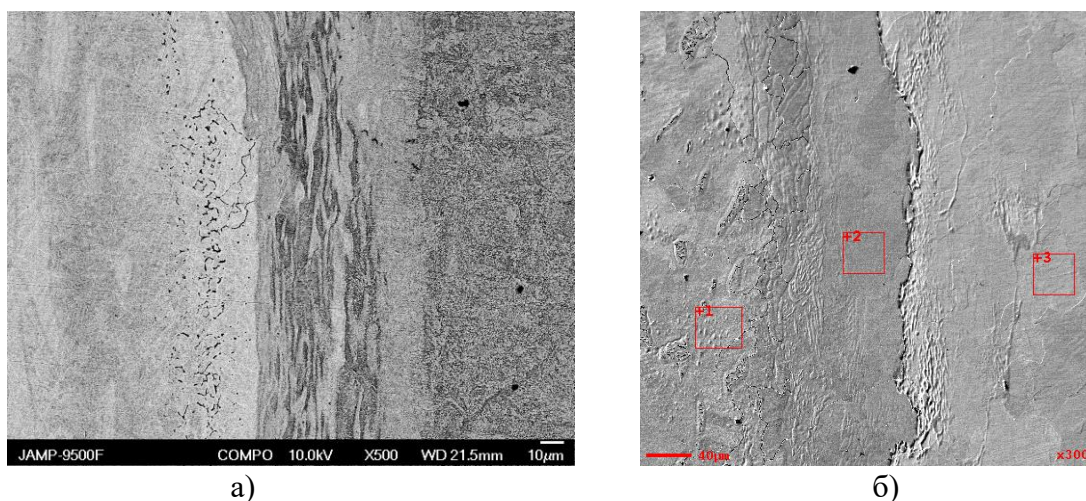


Рис. 2 – СЕМ-зображення з'єднань сталей К76Ф/08Х18Н10Т (а), 110Г13Л/08Х18Н10Т (б)

Результати досліджень мають практичну цінність для Дніпровського стрілочного заводу і можуть бути впроваджені при будівництві та ремонті залізничних колій України.

УДК: 621.791:669.14.018.2.8

Максимов С.Ю., докт. техн. наук  
Прилипко О.О., канд. техн. наук  
Шепелюк Ю.А. зав. групи

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ, ead56@ukr.net

## ФОРМУВАННЯ РОЗПОДІЛУ ВНУТРІШНИХ НАПРУЖЕНЬ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ПІД ВОДОЮ ПІД ВПЛИВОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Зварні шви сучасних підводних металокопункцій відповідального призначення часто за рівнем механічних властивостей не повинні поступатися швам, виконаним на суші. У той же час фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні під водою протікають в важких, екстремальних умовах, що обумовлює складність отримання якісних з'єднань.

Попередні дослідження з використанням спеціального порошкового дроту підтвердили ефективність цього напрямку. Але чутливість технології до хімічного складу сталі та навіть незначних відхилень умов зварювання (солоня чи прісна вода, її температура, глибина зварювання та інше) викликають необхідність спеціальних досліджень.

При порушенні нормального перебігу процесу зварювання можливі виникнення різних дефектів у будові шва, які знижують механічні властивості шва та з'єднання загалом, особливо їх міцність. Цей процес протікає тим сильніше, що більший гідростатичний тиск. Зміна умов зварювання істотно змінює структуру зварного з'єднання.

При мокрому зварюванні під водою навколишнє середовище чинить подвійний ефект на механічні властивості металу зварних з'єднань. З одного боку, у результаті прискореного охолодження міцність зварних з'єднань зростає, з іншого боку, знижується їх пластичність. Усунення цього недоліку можливо металургійним шляхом, а саме легуванням металу швів для одержання необхідної мікроструктури.

Альтернативою металургійному підходу може служити створення умов примусової дегазації зварювальної ванни та збільшення часу її існування шляхом застосування зовнішнього електромагнітного впливу (ЗЕВ), який сприяє зниженню хімічної мікронеоднорідності, рівномірному розподілу легуючих елементів, зниженню пористості та формуванню дрібнокристалічної структури. Проведені раніше експерименти показали значне зниження розмірів пор і їх більш рівномірне розташування в об'ємі металу зварних швів, зменшення параметра кристалічної ґратки.

Однак механізм впливу магнітного поля на структурні перетворення в металі зварних швів є мало вивченим. [1-6].

Мета роботи - дослідження впливу дії (ЗЕВ), на мікроструктуру, фазовий склад, дислокаційну структуру металу зварних з'єднань низьколегованої сталі при зварюванні під водою.

Дослідження структури проводили методами оптичної металографії (мікроскопи Neophot-32 і Versamet-2, Японія) і трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ, мікроскоп JEM-200CX, фірми JEOL, Японія). Твердість (HV, МПа) вимірювали на твердомірі М-400 (фірми Leco, США).

Співставленням структури металу з (ЗЕВ), при порівнянні з варіантом без (ЗЕВ), у центрі шва ширина кристалітів зменшується практично у 2 рази. Поблизу лінії сплавлення (метал шва), а також в ЗТВ відбувається подрібнення зеренної та пакетної структури в 1,3...1, 4 рази. При цьому в металі з ЗТВ спостерігається зниження мікротвердості. Така структура забезпечує рівномірний рівень міцності і пластичності вздовж лінії сплавлення.

Зіставленням особливостей тонкої структури досліджуваних зразків встановлено, що в металі варіанту без (ЗЕВ), спостерігаються найбільші градієнти за розмірами рейкових структур, а також по щільності дислокацій, що може призводити до нерівномірного рівня

механічних властивостей металу, підвищення рівня локальних внутрішніх напружень і, відповідно, зниження його тріщиностійкості.

У металі варіанту з (ЗЕВ), спостерігається диспергування структури при загальному зниженні і рівномірному розподілі дислокацій в об'ємі структурних складових.

У металі ЗТВ зварного з'єднання варіанту з (ЗЕВ), спостерігається рівномірний розподіл щільності дислокацій в об'ємі структурних складових, що не призводить до градієнтів внутрішніх напружень при відносно низькому їх рівні. Це, відповідно, буде забезпечувати високу тріщиностійкість зварних з'єднань.

Експериментальні дослідження дислокаційної структури зразків з (ЗЕВ) та без (ЗЕВ) дозволили провести аналітичну оцінку рівня локальних внутрішніх напружень в зонах їх концентраторів – місцях локалізації деформації, тобто скупчень дислокацій

У металі ЗТВ зварного з'єднання варіанту без (ЗЕВ) спостерігаються найбільші градієнти локальних внутрішніх напружень при загальному підвищенні їх рівня, що обумовлено нерівномірним розподілом щільності дислокацій та її підвищенням як в об'ємі, так і по границях.

У металі ЗТВ зварного з'єднання варіанту з (ЗЕВ) спостерігається рівномірний розподіл щільності дислокацій в об'ємі структурних складових, що не призводить до градієнтів внутрішніх напружень при відносно низькому їх. Це, відповідно, буде забезпечувати високу тріщиностійкість зварних з'єднань.

Таким чином, дослідженнями зварних з'єднань, отриманих зварюванням під водою, встановлено, що застосування (ЗЕВ) забезпечує: подрібнення зеренної структури фериту; рівномірний розподіл щільності дислокацій у внутрішніх об'ємах бейнітних складових, відсутність зон локалізованої деформації по границях рейкових структур; зниження рівня локальних внутрішніх напружень.

Виконано аналіз впливу структурних факторів на дислокаційному рівні в зміну локальних внутрішніх напружень – зон локалізації деформації в структурах верхнього та нижнього бейніту для досліджуваних варіантів зварних з'єднань. Встановлено структурні умови одержання якісних зварних з'єднань при зварюванні низьколегованих сталей під водою, які забезпечують їх тріщиностійкість.

Найбільш прийнятна структура металу зварних з'єднань при зварюванні під водою формується в умовах застосування (ЗЕВ), що забезпечує високий рівень механічних властивостей та тріщиностійкість зварних з'єднань.

#### Список посилань

1. Черныш В.П. Сварка с электромагнитным перемешиванием. / Черныш В.П., Кузнецов В.Д., Брискман А.Н., Шеленков Г.М. – К.: Техніка, 1983. – 127 с.

2. Рыжов Р.Н. Влияние внешних электромагнитных воздействий на пористость швов при подводной мокрой сварке / Рыжов Р.Н., Максимов С.Ю., Прилипко Е.А. // Вестник НТУУ «КПИ». – 2006. – №48. – с. 226-229.

3. Рыжов Р.Н. Применение внешних электромагнитных влияний для улучшения механических свойств швов при мокрой подводной сварке/ Рыжов Р.Н., Кожухарь В.И., Максимов С.Ю., Прилипко Е.А. // Автоматическая сварка. – 2004. – №11. – С.53-54.

4. Effect of the Structure on the Mechanical Properties and Cracking Resistance of Welded Joints of Low-Alloyed High-Strength Steels / [Berdnikova O., Pozniakov V., Bernatskyi A., Alekseienco T., and Sydorets V.] // Procedia Structural Integrity. –2019. – 16. – P. 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.07.026>

5. Crack Resistance of 14KhGN2MDAFB High-Strength Steel Joints Manufactured by Laser Welding / [Markashova, L., Berdnikova, O., Bernatskyi, A., Sydorets, V., and Bushma, O.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – 224, №1, – P. 012013. DOI:10.1088/1755-1315/224/1/012013

6. Physical and Mechanical Properties of High-Strength Steel Joints Produced by Laser Welding / [Markashova L., Berdnikova O., Bernatskyi A., Iurzhenko M., and Sydorets V.] // 2017 IEEE

International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (Lviv, Ukraine, October 17-20, 2017) – Lviv: IEEE, 2017. – P. 88-91. DOI:

УДК 620.178.169

Срьоменко О.В., здобувач наукового ступеня  
Томіна А.-М.В., канд. техн. наук, доцент  
Фішман Б.С., магістр

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, [an.mtomina@gmail.com](mailto:an.mtomina@gmail.com)

## ПОРІВНЯННЯ ПОКАЗНИКА АБРАЗИВНОГО СТИРАННЯ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ НАДВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ

Надвисокомолекулярний поліетилен (НВМПЕ) сьогодні є одним із універсальних полімерних матеріалів, який можна використовувати в різних галузях промисловості. Вироби, що виготовлені з нього характеризуються високим показником абразивного стирання й ударної в'язкості, стабільною роботою під впливом агресивних середовищ і вологи. Однак висока в'язкість розплаву НВМПЕ стримує його широке використання, через значно ускладнене формування виробів високопродуктивними методами (литтям під тиском та екструзією). Рішенням даної проблеми є введення до НВМПЕ волокнистих та дисперсних наповнювачів: вуглецевих та органічних волокон, сульфідів металів, карбонат кальцію, карбиду бору, антрациту, оксиду графену тощо. При одночасному зменшенні в'язкості розплаву дані наповнювачі збільшують міцність на розрив, твердість та зносостійкість НВМПЕ. Враховуючи зазначене, дана робота присвячена розробці та дослідженню властивостей композитів на основі НВМПЕ.

Для наповнення НВМПЕ обрали воластоніт, базальтове волокно та тигельний графіт. Їх використання дозволяє отримати композити з високою стійкістю до корозії, деформацій і зношування. Формування зразків композитів на основі НВМПЕ здійснювали методом компресійного пресування. Дослідження показника абразивного стирання НВМПЕ та композитів на його основі жорстко закріпленими абразивними частками (дисперсність 100 мкм) здійснювали на дослідній машині HECKERT. Шорсткість поверхонь тертя зразків визначали за допомогою щупового профілометру 170621.

В табл.1 наведений показник абразивного стирання чистого НВМПЕ й композитів на його основі з ефективним вмістом наповнювача.

Таблиця 1 – Експлуатаційні характеристики композитів на основі НВМПЕ

Показник	Наповнювач			
	НВМПЕ	20 мас.% воластоніту	20 мас.% базальтового волокна	30 мас.% тигельного графіту
Показник абразивного стирання*, $V_i$ , мм <sup>3</sup> /м	1,36	0,97	0,92	0,85
Шорсткість*, $R_a$ , мкм	2,57	1,99	1,71	1,63

За отриманими результатами випробувань видно, що композити за показником абразивного стирання перевершують чистий НВМПЕ в середньому на 30%, сягаючи мінімального значення для композиту з тигельним графітом. Це імовірно обумовлено тим, що даний наповнювач збільшує кристалічність НВМПЕ, за рахунок більш впорядкованої структури порівняно з базальтовим волокном і воластонітом. Багато досліджень проведених Kanaga Karupiah K.S. підтвердили, що існує пряма залежність між кристалічністю НВМПЕ та його трибологічними властивостями: чим більше її значення тим більший опір до руйнування поверхонь тертя. Підтвердженням цього є зменшення шорсткості близько на 35%.

УДК 621.73.011.001.5

Сивак Р. І., докт. техн. наук, доцент  
 Богатюк М. О., аспірант  
 Веселовська Н.Р., докт. техн. наук, професор  
 Савків В.В., аспірант  
 Залізняк Р.О., аспірант

Вінницький національний аграрний університет, bogatyuk1998@gmail.com

### РОЗВИТОК ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПЛАСТИЧНІЙ ДЕФОРМАЦІЇ ПОРИСТИХ ТІЛ

При дослідженні процесу пластичної деформації пористих заготовок в якості механічної моделі матеріалу взята модель жорстко-пластичного ізотропно-зміцнювального пористого тіла [1] з поверхнею навантаження, що має форму еліпсоїда з напівосями, які залежать від величини пористості. При цьому інтенсивність напружень в матеріалі основи пористого тіла визначається за формулою

$$\tau_0^2 = \frac{p^2}{f_2(\theta)(1-\theta)} + \frac{\tau^2}{f_1(\theta)(1-\theta)} \quad (1)$$

Із (1) у відповідності з асоційованим законом течії одержані тензорне

$$\dot{\epsilon}_{ij} - \frac{1}{3} \delta_{ij} \dot{\epsilon} = \frac{\dot{\gamma}}{\tau} (\sigma_{ij} - \delta_{ij} p) \quad (2)$$

і скалярне співвідношення

$$p f_1(\theta) \dot{\gamma} = \tau f_2(\theta) \dot{\epsilon} \quad (3)$$

між компонентами тензора напружень  $\sigma_{ij}$  і швидкостями деформацій  $\dot{\epsilon}_{ij}$ .

В якості міри деформаційного зміцнення пористого тіла прийнята накопичена деформація матеріалу основи [2]:

$$\Gamma_0 = \int_0^t \dot{\gamma}_0(\tau) d\tau. \quad (4)$$

Функції пористості  $f_1(\theta)$  і  $f_2(\theta)$ , а також криву течії  $\tau_0(\Gamma_0)$  для матеріалу основи визначено [3]:

$$f_1(\theta) = (1-\theta)^{3.5}, \quad (5)$$

$$f_2(\theta) = 0.549 \frac{(1-\theta)^{4.36}}{\theta^{0.86}} \quad (6)$$

$$\tau_0 = -15 + 83.73 \Gamma_0^{0.186} \quad (7)$$

Із (1) і (3) одержані формули зв'язку кінематичних і статичних величин, які використовуються при розрахунках інтенсивності девіатора напружень та середнього напруження в пористому тілі [2]:

$$\tau = \tau_0 f_1(\theta) \frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_0} \quad (8)$$

$$p = \tau_0 f_2(\theta) \frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\gamma}_0} \quad (9)$$

Із співвідношень (1) – (9) витікає, що для визначення напружено-деформованого стану пористого тіла по деформованій координатній сітці, необхідно визначити [4]:

- 1) Поле компонент швидкостей течії частинок тіла  $v_i$ ;
- 2) Поле компонент швидкостей деформацій

$$\dot{e}_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right); \quad (10)$$

- 3) Поле накопиченої деформації матеріалу основи  $\Gamma_0$ ;
- 4) Поле інтенсивності девіатора напружень (границі текучості) матеріалу основи  $\tau_0$ ;
- 5) Поле пористості  $\theta$  в пластичній області;
- 6) Поле компонент девіатора напружень  $S_{ij}$  і тензора напружень  $\sigma_{ij}$ .

Тобто достовірна оцінка напружено-деформованого стану залежить від методів обробки експериментальних даних. Пропонується для побудови апроксимацій координат вузлів ділильної сітки  $z_0(z,r)$ ,  $r_0(z,r)$  експериментально одержаних функцій ейлерових координат від лагранжевих  $\bar{z}_{0,l,m}$ ,  $\bar{r}_{0,l,m}$  використовувати методику, основу на методах теорії R-функцій [5], яка була успішно використана для досліджень напружено-деформованого стану безпористих матеріалів. До основних переваг цього методу відносяться можливість одержати розв'язки, які тотожно задовольняють граничним умовам для областей з складною конфігурацією границь.

Після підстановки розв'язків одержаних систем рівнянь отримуються апроксимації  $z_0$  і  $r_0$ . Потім визначаються швидкості течії частинок матеріалу  $v_z$ ,  $v_r$  для стаціонарного деформування, швидкості деформацій та інтенсивності швидкостей деформацій  $\dot{\gamma}_0$  і  $\dot{\gamma}$ .

Враховуючи отримані співвідношення для розрахунку розподілу пористості по перерізу одержана формула:

$$\theta = 1 - (1 - \theta_0) \left( \frac{\partial Z_0}{\partial Z} \frac{\partial \alpha_0}{\partial r} - \frac{\partial Z_0}{\partial r} \frac{\partial \alpha_0}{\partial Z} \right) \frac{r_0}{r}. \quad (11)$$

#### Список посилань

1. Shtern, M. B., Mikhailov, O. V., Mikhailov, A. O. Generalized Continuum Model of Plasticity of Powder and Porous Materials. *Powder Metallurgy and Metal Ceramicsthis link is disabled*, 2021, 60(1-2), pp. 20–34. <https://doi.org/10.1007/s11106-021-00211-7>.
2. Sivas I.O. The evaluation of Deformability of the Porous Bodeis// *The Bulletin of Politehnic Institute of Jassi*. - 1996. - XLII(XLVI), N3 - 4. - P. 607 - 611.
3. Sivak, R., Kulykivskyi, V., Savchenko, V., Minenko, S., & Borovskyi V. (2023). Determination of porosity functions in the pressure treatment of iron-based powder materials in agricultural engineering. *Scientific Horizons*, 26(3), 124-134. DOI: 10.48077/scihor3.2023.124.
4. Beygelzimer, Y., Estrin, Y., Filippov, A., Baretzky, B., & Kulagin, R. (2022). Simulation of layered structure instability under high-pressure torsion. *Materials Letters*, 324, 132689. doi: 10.1016/j.matlet.2022.132689.
5. V. D. Pokras, M. A. Rvachev. Application of the R-functions method to viscoplastic analysis in metal forming. *Journal of Materials Processing Technology*. Volume 60, Issues 1–4, 15 June 1996, Pages 493-500.
6. Gogaev, K. A., Voropaev, V. S., Podrezov, Y. N., Koval, A. Y., Yevych, Y. I. Mechanical and fatigue properties of powder titanium strips, obtained by asymmetric rolling. *Powder Metallurgy and Metal Ceramicsthis link is disabled*, 2017, 56(1-2), pp. 69–77. <https://doi.org/10.1007/s11106-017-9871-y>.



УДК 629.73: 629.78: 621.763: 678.027.94

Пилипенко В.М., канд. техн. наук, доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, vpilip@ukr.net

## ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО ФОРМУВАННЯ ПЛЕТІЛЬНЕ-ПУЛТРУЗІЙНИМ МЕТОДОМ ВИРОБІВ ІЗ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Основна вимога, що пред'являється до матеріалів, використовуваних у важко-навантажених конструкціях це наявність в їх складі схеми армування, що відповідає умовам навантаження. Найбільш прийнятними технологічними процесами виробництва таких виробів є плетіння та пултрузія.

У першому випадку можна реалізувати в конструкції різні кути розміщення армуючого наповнювача і товщину плетільних шарів за рахунок зміни носіїв і кількості плетільних ниток. Зазначений спосіб дозволяє реалізувати високоефективний та автоматизований процес безперервного формування виробів. Але до теперішнього часу такий процес був реалізований лише для окремих виробів.

Навпаки, процес пултрузії дозволяє реалізувати безперервний процес формування виробів через термічну обробку матеріалу до потрібного стану у формувальних філь'єрах. Однак у цьому випадку на структурно-геометричні параметри армуючого матеріалу накладається ряд серйозних обмежень, пов'язаних з умовами проходження виробу в філь'єрі та силовими характеристиками витягування.

Очевидно, що поєднання обох зазначених процесів дає можливість реалізувати позитивні моменти кожного з них і отримати складні армовані структури матеріалів при безперервному способі виготовлення.

Запропонований новий технологічний метод формування виробів із полімерних композитів, який поєднує плетіння та пултрузію в єдиний технологічний процес дозволив реалізувати комплексні схеми армування важко-навантажених виробів у високоефективному масовому виробництві.

Встановлено зв'язок структурно-геометричних, фізико-механічних і технологічних характеристик матеріалів з параметрами технологічного процесу, що забезпечує необхідні властивості виробів при їх безперервному виробництві.

Розроблено методику вибору оптимальних параметрів процесу: визначення повної сили опору переміщенню виробу в процесі формування з урахуванням структурних характеристик матеріалу та умов роботи формування на всіх етапах витягування виробу, визначення критичних швидкостей витягування, що дозволяє вибрати оптимальну швидкість руху напівфабрикату, що спрямована на забезпечення необхідного ступеня наповнення, якості просочення матеріалу та геометричних розмірів виробів.

Виготовлено напів промислову установку для виробництва пруткових і трубних виробів на основі епоксидно-фенольних з'єднувальних і різних волокнистих наповнювачів. Ці вироби використовуються в авіаційній та будівельній промисловості. Продуктивність установки становить 30 метрів виробів за годину.

### Список посилань

1. Пилипенко В.М. Основные проблемы использования термопластичных матриц для армированных материалов / В.М. Пилипенко // Збірник наукових праць Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні. – Луганськ, 2012. – с. 168-174.

2. Пилипенко В.М. Определение усилия сопротивления на участках скольжения полуфабриката при плетельно-пултрузионном формовании. / В.М. Пилипенко // Збірник наукових праць Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні. – Луганськ, 2015. – с. 229-233.

УДК 678

Набережна О.О., канд. техн. наук  
 Головка С.І., асистент  
 Кунцер В.А., студент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, o.naberezhnaya@gmail.com

## ТЕРМІЧНА СТІЙКІСТЬ САМОАРМОВАНИХ ОРГАНОПЛАСТИКІВ НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ

Для композиційних матеріалів одним з важливих факторів є температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР). Самоармовані органоластики використовуються в якості деталей машин та механізмів рухомих з'єднань, тому цьому показнику приділяють значну увагу. Розрахунок ТКЛР важливий з кількох причин. По-перше, зниження його призводить до мінімальної усадки полімерів при зміні температури в процесі виготовлення або використання. По-друге, неоднакове розширення компонентів композиції може привести до виникнення залишкових напружень, які мають істотний вплив на механічні властивості.

Для дослідження були обрані зразки чистого фенілону та органоластики на його основі з оптимальним вмістом волокон сульфону-Т (10 мас.%) та фенілон (5 мас.%) [1]. Щоб розуміти відмінність таких матеріалів, отриманні дані порівнювали з відомими показниками найчастіше використовуваних матеріалів конструкційного призначення – бронзи О5Ц5С5 та текстоліту ПТК [2 - 4].

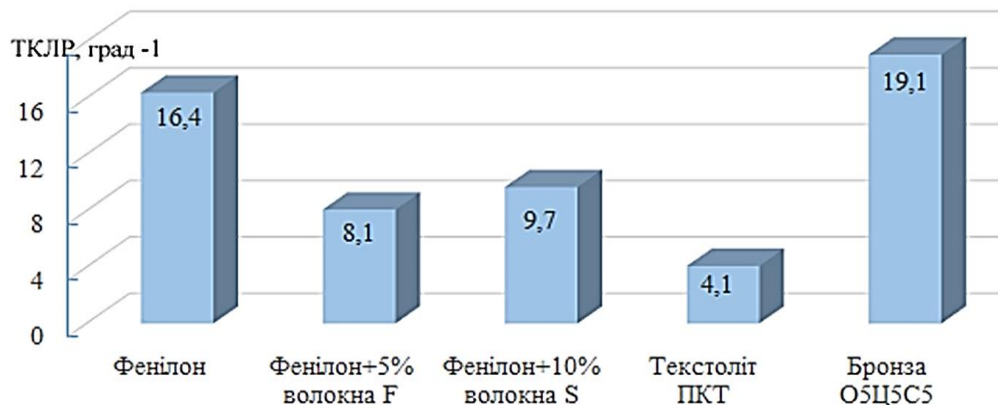


Рис.1 – Температурний коефіцієнт лінійного розширення фенілону, органопластиків на його основі, текстоліту ПТК та бронзи О5Ц5С5

Аналіз результатів показав (рис.1), що введення органічного волокна як фенілону, так і сульфону-Т в полімерну матрицю призводить до зниження досліджуваного показника в 2 і 1,7 рази відповідно. Досягнення такого результату відбувається за рахунок зміни надмолекулярної структури полімеру трансформації глобулярної в фібрилярну структуру [1], що супроводжується подовженням теплопровідних містків. Що стосується бронзи, то ТКЛР нижчий у органопластиків в 2,4 і 1,9 рази, та в 1,97 і 2,4 більший ніж у текстоліту відповідно фенілону +5% волокна F та фенілону +10% волокна S.

### Список посилань

1. Набережна О.О. Розробка та дослідження властивостей самоармованих органопластиків на основі термостійких ароматичних поліамідів: дис. ... канд. техн. наук : 05.02.01 / Набережна Ольга Олександрівна; Луц. нац. техн. ун-т. – Луцьк, 2017. – 205 с.
2. БрО5Ц5С5 - Бронза оловянная литейная. Марочник стали и сплавов [Електронний ресурс]. – Режим доступу. [http://www.splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=1028](http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1028)
3. Текстоліт [Електронний ресурс]. – Режим доступу. <https://docs.cntd.ru/document/1200020639>
4. Текстолит и асботекстолит конструкционные [Електронний ресурс]. – Режим доступу. <https://docs.cntd.ru/document/1200020639>

УДК 621.793.620.172

Лопата В.М., канд. техн. наук  
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, gazoterm@ukr.net  
Солових Є.К., докт. техн. наук, професор  
Катеринич С.Є., канд. техн. наук, доцент  
Солових А.Є., канд. техн. наук, доцент  
Центральноукраїнський національний технічний університет, katerinichs@ukr.net

## ТЕРМОМЕХАНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ЛОПАТКАХ ГАЗОВИХ ТУРБІН

Лабораторні методи термомеханічних випробувань матеріалів з теплозахисними покриттями характеризується великою різноманітністю форм та розмірів зразків, режимів випробувань, методів нагрівання та охолодження. Відсутність стандартів на термомеханічні випробування матеріалів з теплозахисними покриттями не дозволяє порівняти ці методи випробувань.

У практиці термомеханічних випробувань використовуються методи нагрівання прямим пропусканням струму, індукційним нагріванням зразка, струмами високої частоти, нагріванням через проміжне тіло. Одна з тенденцій розвитку індукційного нагріву – застосування мегагерцевих частот, а також діелектричних та мікрохвильових методів нагріву.

Електричним методам нагрівання притаманні електропластичний та магнітопластичний ефекти, які суттєво спотворюють характеристики міцності та деформативності. При електропластичному ефекті зниження межі плинності досягає 50%, межі міцності – 17%, збільшення швидкості повзучості на 2 порядки та більше, зниження межі витривалості на 50%. Спотворює зумовлені механічні характеристики також ефект електроміграції, який може багаторазово прискорювати масоперенесення на поверхні розділу основа-покриття. Встановлено також, що електричні методи нагрівання можуть прискорювати корозійні процеси на поверхні покриття. Встановлено також суттєву відмінність у фазовому складі та будові покриттів залежно від способу нагрівання.

При нагріванні пропусканням струму і струму високої частоти некоректно для випробувань теплозахисних покриттів із-за відсутності подібності температурних полів, особливо градієнта температур по нормалі до поверхні. Тому електричні методи нагріву не можуть бути альтернативними променистому нагріванню, яке знаходить все більш широке застосування у практиці термомеханічних випробувань теплозахисних покриттів.

Нами запропоновано концепцію прискорених термоциклічних випробувань повзучості з використанням стандартного зразка на розтяг. Цикл тепломін характеризується високими швидкостями нагріву до  $500^{\circ}$  в секунду та швидкостями охолодження до  $400^{\circ}$  в секунду, тобто. практично в умовах термоудару. Головним фактором, що «пошкоджує», є термоциклювання з одночасним корозійним впливом середовища. Визначувана у цих умовах крива повзучості є чутливим інструментом з метою оцінки зміни стану теплозахисних покриттів та часу їх руйнування. Особливо чутливий характер та швидкість повзучості до стану поверхні розділу основа-покриття.

Принцип конструювання замкнутої фокуруючої оптичної порожнини дозволив створити ряд малогабаритних нагрівально-охолоджувальних пристроїв із холодною дзеркальною стінкою та тепловою безінерційністю. Це і дозволило досягти високих швидкостей нагріву та охолодження [1, 2].

Єдине математичне планування багатфакторного експерименту та багатокритеріальна оптимізація за характеристиками міцності та довговічності дозволяє спрямовано конструювати багатшарові теплозахисні покриття, оптимізувати технологічні режими

нанесення, отримати комплекс термомеханічних властивостей для розрахунку їх несучої здатності та ресурсу [3]. В результаті оптимізації порівняно з базовим варіантом довговічність багатощарових теплозахисних покриттів підвищено на 40%, швидкість повзучості знижено на 35% та підвищено товщину зовнішнього керамічного шару у 1,5 рази. Це скорочує обсяги стендових та натурних випробувань та забезпечує лабораторну експериментально-розрахункову базу для вдосконалення випробувань теплозахисних покриттів.

#### Список посилань

1. Ляшенко Б.А. О критериях адгезионно-когезионной равнопрочности и термостойкости защитных покрытий. *Проблемы прочности*. № 10. 114. (1980).
2. Ляшенко Б.А., Сорока Е.Б., Акинин К.Г. О связи адгезионной прочности и температурных перепадов в теплозащитных покрытиях. *Проблемы прочности*. №4. 126-130. (1998).
3. Ляшенко Б.А., Шаривкер С.Ю., Цыгулев О.В. и др. Методика определения механических характеристик композиции металл-защитное покрытие. *Проблемы прочности*. № 8. 113-115. (1989).

УДК 621.382.2

**Фролов О.М., канд. техн. наук, доцент**

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв,  
iskanderfrolov52@gmail.com

**Селіверстова С.Р., канд. техн. наук**

**Селіверстов І.А., канд. техн. наук**

Херсонська державна морська академія, [ussr28031972@gmail.com](mailto:ussr28031972@gmail.com)

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ДОМІШОК У ДРЕЙФОВИХ N-P-N ТРАНЗИСТОРАХ

Особливе місце серед дискретних приладів займають транзистори, які в апаратурі дозволяють не тільки збільшувати сигнали, але і здійснювати плавне і точне регулювання електричних сигналів. Параметри та характеристики дрейфових транзисторів безпосередньо пов'язані з розподілом домішки у базових областях транзисторів.

Розроблені методики розрахунку реального розподілу домішки бору в базі вимагають даних про дозу домішки бору, про температуру та час процесу розгонки домішки, про товщину оксиду над базовою областю, про середовище, в якому проводиться розгін домішки [1]. Однак, при попередньому розрахунку параметрів розподілу домішки за заданими параметрами та характеристиками транзистора, що проводиться за методикою, наведеною в [2], ці дані відсутні. Більшість цих даних визначається за даними розрахунку розподілу домішки в базі. Реальний розподіл домішки бору в базових областях n-p-n транзисторів відрізняється від теоретичного за рахунок прояву ефекту перерозподілу домішки на межі розділу Si-SiO<sub>2</sub> і через вплив коефіцієнта сегрегації [3]. Ці ефекти призводять до того, що частина домішки бору, якою формують базову область при термічному окисненні, йде в шар окислу кремнію, що росте. Внаслідок цього реальна поверхнева концентрація бору стає меншою, ніж за теоретичним розрахунком.

Для визначення залежностей параметрів та характеристик дрейфового біполярного n-p-n транзистора від розподілу домішки в базі проведено експериментальні дослідження за різних технологічних режимів створення транзисторів.

Були використані кремнієві пластини з різними питомими опорами ( $\rho_{ep}$ ) епітаксійних шарів. Формування базових областей проводилося після фотолітографії під базові області різними дозами бору ( $Q_b$ ) за допомогою іонного легування на установках іонного легування типу «Везувій -3М» з подальшим перерозподілом домішки (розгін домішки) за різних високих температур ( $T_p$ ) та різних часів ( $t_p$ ). Дифузія фосфору на формування

емітерів проводилася після фотолітографії під емітери шляхом одностадійної дифузії фосфору при температурі 1040°C. Після дифузії фосфору проводилася фотолітографія для розтинку вікон до дифузійних областей. Параметри транзисторів визначалися на тестових транзисторах вимірювачі параметрів напівпровідникових приладів типу Л2-56. Глибина емітерного та колекторного р-п переходів визначалася методом «шар-шліфа» на тестових реперах, створених у кожній пластині. Після отримання мінімальних коефіцієнтів посилення проводився дорозгін фосфору при температурі 900°C. Як показали результати вимірювання глибини р-п переходів, при дорозгоні фосфору змінювалися глибина емітерного р-п переходу і коефіцієнт посилення транзистора, проте через малу температуру процесу глибина колекторного р-п переходу практично не змінилася. Результати досліджень наведено в таблиці 1.

Як показали результати вимірювання глибини р-п переходів, при дорозгоні фосфору змінювалися глибина емітерного р-п переходу і коефіцієнт посилення транзистора, проте через малу температуру процесу глибина колекторного р-п переходу практично не змінилася.

Таблиця 1 – Результати досліджень отриманих n-p-n переходів при різних технологічних режимах

№	Параметри технологічних режимів				Данні вимірів					
	$\rho_{\text{еп}}$ , Ом·см	$Q_{\text{б}}$ , мкКл/см <sup>2</sup>	$T_p$ , °C	$t_p$ , хв.	Глибина р-п переходів, мкм		Електричні параметри			
					$x_{jэ}$	$x_{jk}$	$h_{21э}$ , од.	$U_{кбо}$ , В	$U_{кэо}$ , В	$U_{эбо}$ , В
1.1	2,5	4,0	1180	200	1,51	3,60	243	149	37,0	23,0
1.2					1,91		357		34,2	23,0
1.3					2,24		720		28,7	23,1
2.1.	1,2	15	1150	110	1,39	2,62	140	68	19,7	11,5
2.2					1,62		235		17,3	11,6
2.3					1,84		330		15,9	11,5
3.1	1,2	50	1150	85	1,21	2,51	95	62,8	20,1	8,3
3.2					1,46		137		18,3	8,2
3.3					1,61		220		16,2	8,2
4.1	0,3	15	1150	80	1,17	1,87	147	28,1	8,1	10,9
4.2					1,29		295		6,8	11,1
4.3					1,42		465		6,1	11,0

Данні вимірювання електричних параметрів транзисторів, отриманих при дослідженнях, показують, що:

- коефіцієнти посилення по струму в схемі із загальним емітером ( $h_{21э}$ ) і напруга пробою ( $U_{кэо}$ ), залежать від товщини бази і напруги ( $U_{кбо}$ ), що повністю узгоджується з теорією і підпорядковується відомим розрахунковим формулам.

- напруга пробою ( $U_{кбо}$ ) залежить від глибини колекторного р-п переходу, від питомого опору епітаксійного шару та від дози домішки, що також узгоджується з теорією та підпорядковується відомим розрахунковим формулам.

- напруга пробою ( $U_{эбо}$ ) не залежить від глибини емітерного р-п переходу, але залежить від дози домішки, від температури і часу розгонки базової домішки, тобто від добутку ( $Dt$ ).

На базі результатів досліджень була створена модель спрощеного розрахунку структури дрейфового n-p-n транзистора. При якій визначено, що найбільш оптимальне поєднання електричних параметрів і характеристик у дрейфових n-p-n транзисторів, у яких глибина

емітерного p-n переходу буде збігатися з глибиною максимальної концентрації базової домішки.

#### Список посилань

1. Kato T., Nishi Y. Redistribution of diffused boron in silicon by thermal oxidation. [Text] / Japan. J. Appl. Phys. – 1067, v.3. – № 7. – P. 377-383.
2. Баганов Е.А. Расчет параметров дрейфовых n-p-n транзисторов по выходным характеристикам [Текст] / Баганов Е.А., Фролов А.Н., Фролов К.А. // Известия вузов, Радиоэлектроника. – № 9-10. – 2009. – С.10-17.
3. Самойлов Н.А. Методика оперативной оценки пробивного напряжения p-p-n транзисторов [Текст] / Н.А. Самойлов, А.Н. Фролов, С.В. Шутов. / Петербургский журнал электроники. – 1996. – №4. – с.42-45.

УДК 621.762

Лебедєва Н. Ю., канд. техн. наук, доцент

Дрозд О. В., канд. техн. наук, доцент

Гашицька О. М., студентка

Буренко Г. М., студент

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв,  
oksanadroz183@gmail.com

### ФОРМУВАННЯ МІДНИХ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИРОБНИЧИХ ВІДХОДІВ

Створення нових мідних пористих матеріалів обумовлено перспективністю їх застосування для виготовлення фільтрів та антифрикційних виробів. Для їх виготовлення використовуються порошки міді, зокрема марки ПСМ-1 (ДСТУ 4960:2019, IDT) дисперсністю до 100 мкм. Це дороговартісна дефіцитна сировина з високою хімічною чистотою, подальше застосування якої у технологіях порошкової металургії не є доцільним і рентабельним. Вирішення проблем заміни мідного порошку полягатиме у теоретично-практичній проробці питань застосування в технологіях одержання пористих матеріалів порошків, одержаних здрібненням виробничих відходів міді.

Мета роботи – експериментальне дослідження можливостей формування мідних пористих матеріалів з використанням виробничих відходів.

Науково-методичне підґрунтя дослідження складають фізико-механічні основи та існуючий практичний досвід з формування мідних порошкових матеріалів і виробів [1, 2]; основи теорії мідних сплавів [3] та досвід авторів роботи [4], присвяченої розвитку рециклінгу виробничих відходів як перспективного напрямку матеріалознавства. Для досягання поставленої мети в роботі застосовані методи оптичної металографії (оптичний мікроскопи ММР-2Р, БИОЛАМ-И), механічних випробувань, холодного статичного пресування з використанням зразків лабораторного обладнання.

Експериментальні роботи полягали у одержанні порошку міді (рис. 1, а) шляхом механічного здрібнення виробничих відходів міді (тирсів, бракованих виробів тощо) та одержанні з них пресовок (рис. 1, б) методом холодного двобічного статичного пресування.

Досліджено морфологічні характеристики порошку (дисперсність, фактор форми, периметр), визначено його мікротвердість (прилад ПМТ-3, навантаження на інденатор 50 мг). Процес пресування здійснено у холодному стані (тиск 20 МПа) без пластифікатора, для чого застосовано прес-форму із нержавіючої сталі марки 10Х18Н9Т. За допомогою оптичної металографії досліджено пористість пресовки, ступінь деформації порошку міді; визначено його мікротвердість після пресування (прилад ПМТ-3, навантаження на інденатор 50 мг). Для спікання одержаної заготовки застосовано герметично зачинений контейнер з термічно необробленого графіту марки МПГ-6. Пресовка разом з контейнером зазнавала



нагрівання до температури 700...800 °С у лабораторній печі СНОЛ-1,6.2.08/9-М1 з окисною атмосферою; швидкість підйому температури не перевищувала 30...40 °С/хв. Під час спікання при нагріванні з інтервалом 100 °С, досліджувалися мікроструктура та мікротвердість фаз, визначалися ступінь деформації порошку.

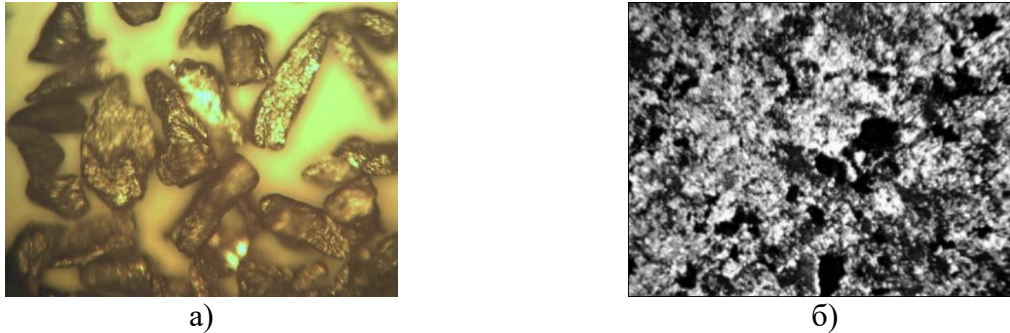


Рис. 1 – Оптична мікрофотографія а) порошку міді  $\times 150$  ( $\mu 10:1$ ); б) пресовки міді,  $\times 370$

**Аналіз одержаних результатів.** Середня дисперсність отриманого порошку міді (рис. 1, а) складатиме 120...180 мкм, фактор форми ставить 0,3...0,5; насипна щільність належить діапазону 1500...2000 кг/м<sup>3</sup>. Структура пресовки являтиме собою пресований каркас (рис. 2, б) щільністю 5000 кг/м<sup>3</sup> з середнім розміром пор 60 мкм; її загальна пористість складатиме 40...45%. Пресовка має компакту структуру без чітко визначеної приконтактної області між спресованими частинками, що свідчить про їх пластичну деформацію (до 15 %) під час холодного статичного пресування. Цей ефект опосередковано підтверджується зростанням мікротвердості  $H_{\mu 50}$  частинок з 290 МПа (вихідний стан) до 420 МПа (протягом нагрівання). Визначені режими спікання не є остаточними, проте сформована заготовка може бути застосована для подальшого просочення фторопластом, розплавом срібла та іншими легкоплавкими металевими і неметалевими компонентами, зокрема розм'якшеним склом.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням експериментальних робіт щодо впливу технологічних параметрів на формування спеціальних властивостей пористих мідних матеріалів.

Одержані результати спрямовані на вирішення важливої науково-технічної проблеми впровадження безвідходних технологій одержання функціональних порошкових матеріалів.

**Висновки.** Експериментально доведена можливість формування мідних пористих матеріалів з порошоків, отриманих механічним здрібненням виробничих відходів, зокрема тирсів та бракованих заготовок.

Досліджено морфологічні і фізико-механічні характеристики одержаних порошоків та проаналізовано їх зміни в результаті холодного двобічного пресування.

Проаналізовано процеси структуроутворення спресованих та спечених заготовок.

#### Список посилань

1. Дослідження особливостей консолідації антифрикційних матеріалів на основі порошкової суміші Cu-Pb-C [Текст] / В. О. Чишкала, С. В. Литовченко, Е. С. Геворкян, В. П. та ін. // Збірник наук. праць УкрДУЗТ. – 2021. – вип. 198. – С. 7-21.
2. Степанчук, А. М. Закономірності компактування порошкових антифрикційних матеріалів на основі дисперсно зміцненої міді [Текст] / А. М. Степанчук, О. С. Богатов, М. О. Грабійчук // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2011. – № 5. – С. 95-100.
3. Інженерне матеріалознавство : підручник для студ. вищ. навч. закл. [Текст] / О. М. Дубовий, Ю. О. Казмиренко, Н. Ю. Лебедева та ін. – Миколаїв : НУК, 2009. – С. 342-357.
4. Казмиренко, Ю. О. Системно-аналітичний підхід до підвищення ефективності рециклінгу виробничих скляних відходів [Текст] / Ю. О. Казмиренко, О. В. Дрозд // Вісник Львівського торговельно-економічного університету. – 2022. – № 29. – С. 13-20.

УДК 621.793.620.172

Лопата О.В., аспірант

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний університет імені Ігоря Сікорського» begyuza@ukr.net

Калініченко В. І., канд. техн. наук

Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України, м. Київ, v-lik@ukr.net

## ВИБІР ТОВЩИНИ ПОКРИТТІВ, СТВОРЕНИХ ГАЗОТЕРМІЧНИМ НАПИЛЕННЯМ ІЗ ПОСЛІДУЮЧОЮ ЕКЛЕКТРОКОНТАКТНОЮ ОБРОБКОЮ ЗА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИМ СТАНОМ

Відомо що при виготовленні деталей з покриттями схильність до утворення тріщин сильно збільшується зі зростанням їх товщини. Це відноситься і до газотермічних покриттів, оскільки, напиленні покриття мають шарувату структуру з порами. Необхідно враховувати небезпеку утворення тріщин у товстих покриттів, які часто наносять на поверхні деталей з метою підвищення їх зносостійкості або при багаторазовій механічній обробці. Якщо все ж таки необхідно нанести товсте покриття, то використовують проміжні шари, що забезпечують зчеплення та вирівнювання напружень.

Розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) композиції поверхня деталі - покриття проводили методами численного аналізу в ліцензійному кінцево-елементному комплексі MSC VisualNastran for Windows. Методика розрахунку напружень полягає в тому, що будується кінцево-елементна модель композиції поверхня деталі - покриття, задаються необхідні фізико-механічні властивості матеріалів деталі та покриття, а також граничні умови у вигляді силового навантаження та закріплення. Чисельні розрахунки при моделюванні НДС композиції поверхня деталі - покриття проводили з такими фізико-механічними властивостями матеріалу деталі:  $E = 2 \text{ ГПа}$ ,  $\nu = 0,25$  та покриття:  $E = 1,5 \text{ ГПа}$ ,  $\nu = 0,3$ . Кількість вузлів та елементів моделі покриття, створеного газотермічним напиленням (ГТН) із послідуною імпульсною електроконтактною обробкою (ЕКО) становила 2865 та 2750 відповідно. Оскільки модель має вісь симетрії, розрахунок проводили для половини розрахункової схеми. Параметри покриття: ширина  $b = 10 \text{ мм}$ ; товщина  $h = 0,5 \dots 1,5 \text{ мм}$ ; кут нахилу кромки покриття  $\alpha = 35 \dots 90^\circ$ . Навантаження становить 200 МПа.

В результаті чисельного моделювання композиції поверхня деталі - покриття отриманий та проаналізований розподіл еквівалентних напружень по Мізесу від дії розтягуючої сили в напрямку головної осі деталі. Найчастіше деталі з покриттям працюють в умовах дії на них нормального навантаження. При такому вигляді навантаження покриття з меншою товщиною явно програє по напруженому стану покриттю з більшою товщиною. Перевагою товстого покриття є те, що на його краях напруження зростають досить плавно в порівнянні з стрибкоподібними піками тонкого покриття. Керуючись отриманими графіками еквівалентних напружень у покритті за Мізесом (рис. 1) дійшли висновку, що у покритті виникають суттєві стрибки напружень біля його країв у зоні адгезійного контакту покриття з поверхнею деталі. При розрахунках використовували такі позначення:  $\sigma_1$  - напруження в центрі покриття (зона когезійного розтріскування);  $\sigma_2$  - напруження в зоні адгезійного розтріскування покриття;  $\sigma_3$  - максимальні еквівалентні напруження в покритті;  $\sigma_4$  - еквівалентні напруження в основі під покриттям.

Напружений стан в покритті та в поверхні деталі в залежності від товщини покриття показаний на рис. 2. Характер зміни кута нахилу кромки покриття  $\alpha$  від зміни його товщини  $h$  представлений в таблиці 1.

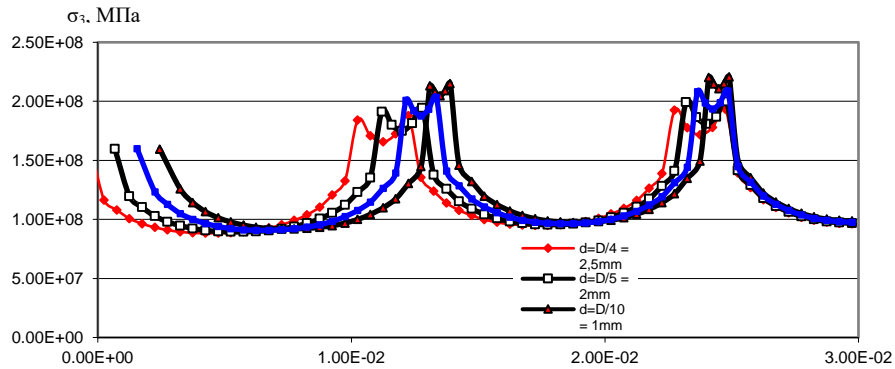


Рис. 1 – Характер розподілу еквівалентних напружень  $\sigma_3$  в основі під покриттям товщиною  $h = 1,5$  мм

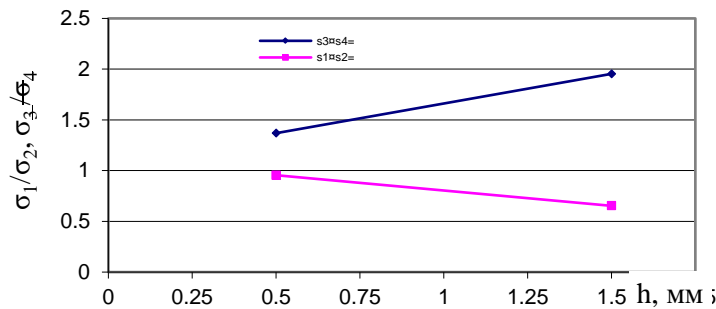


Рис. 2. – Напружений стан в покритті та в поверхні деталі в залежності від товщини покриття  $h = 0,5$ ,  $h = 1,5$  мм

Таблиця 1 - Характер зміни кута нахилу кромки покриття  $\alpha$  від його товщини  $h$

h	1,5	1,2	1	0,8	0,5	0,3
$\alpha$	64	58,6	54,5	48,2	34,4	22,8

Наочно вплив кута  $\alpha$  на розподіл еквівалентних напружень  $\sigma_3$  у зоні адгезійного руйнування показано на рис. 3, а. Вплив товщини покриття  $h$  на напруження  $\sigma_4$  представлений на рис.3, б, що дало змогу зробити висновок: чим товще покриття, тим більшою стає напруження в поверхні деталі. Піки напружень на краях тонкого покриття можна згладити варіюванням кута нахилу кромки покриття  $\alpha$  у межах від  $35$  до  $90^\circ$ .

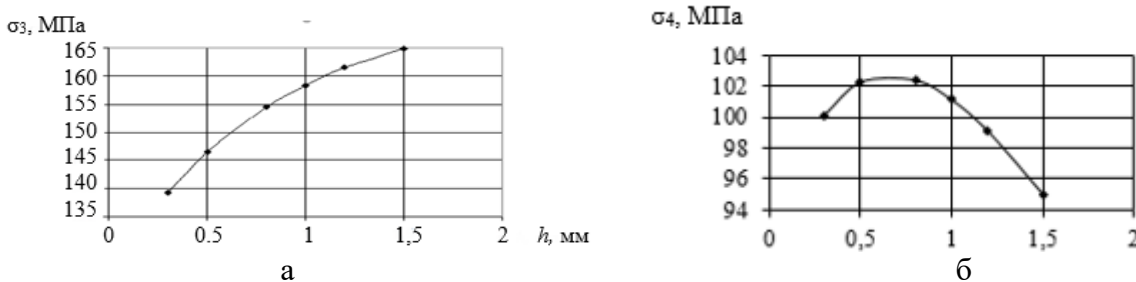


Рис. 3 – Еквівалентні напруження в зоні адгезійного розтріскування  $\sigma_3$  (а) та напруження в поверхні деталі  $\sigma_4$  (б) при різній товщині покриття

Аналіз проведених досліджень показав, що для забезпечення адгезійної міцності покриття, створеного ГТН із ІЕКО, з поверхнею деталі при нормальному навантаженні доцільно дотримати товщини покриття  $1,5$  мм при куті нахилу кромки покриття  $50^\circ$ . Результати досліджень можна використовувати при створенні покриттів газотермічним напиленням із послідуною електроконтактною обробкою з метою забезпечення підвищення їх механічних властивостей, зносостійкості та терміну служби.

УДК 621.791.92

Олексієнко С.В., канд. техн. наук, доцент  
Ющенко С.М., канд. техн. наук, доцент  
Воробей О.М., магістр

Національний університет «Чернігівська політехніка», [sv.oleks@ukr.net](mailto:sv.oleks@ukr.net)

Мартиненко В.О., канд. техн. наук, доцент

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв,  
[martynenko@mnaeu.edu.ua](mailto:martynenko@mnaeu.edu.ua)

## ДУГОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ МОЛІБДЕНУ НА ГРАФІТ У ВАКУУМІ

Характерний для графіту спектр властивостей забезпечує його широке використання в таких галузях як ядерна енергетика, аерокосмічна, електротехнічна промисловість. Так, наприклад, при виготовленні вузлів ядерних реакторів для підсилення теплового випромінювання використовуються з'єднання графіту з міддю, отримані дифузійним зварюванням у вакуумі. Проте суттєві відмінності фізико-механічних властивостей графіту та міді значно ускладнюють процес дифузійного зварювання у вакуумі, що призводить до розтріскування графіту при поперечній усадці міді [1].

Одним зі шляхів вирішення проблематики виготовлення мідно-графітових вузлів є використання при зварюванні даної пари матеріалів проміжного прошарку з молібдену. Молібден та графіт мають близькі значення коефіцієнта термічного розширення і теплопровідності, а при евтектичній температурі володіють взаємною розчинністю на рівні 1,1 % (ат.) [2]. При цьому при виготовленні вузла С-Мо-Сi товщина прошарку молібдену, яка дозволяє досягти суттєвого зниження величини розтягуючих напружень у графіті, повинна становити декілька міліметрів залежно від розміру вузла [3].

З урахуванням необхідної товщини шару молібдену на поверхні графіту для його нанесення доцільно використати способи дугового наплавлення.

Попередньо виконані нами дослідження [4] способу аргоно-дугового наплавлення молібдену як присадкового матеріалу на графіт з використанням неплавкого вольфрамового електрода показали незадовільну якість наплавленого шару. Відмічено утворення великої кількості пор в наплавленому шарі. Їх виникнення спричинене великою спорідненістю вуглецю (графіту) до кисню при великих температурах та його інтенсивним випаровуванням. Пористість повністю не усувається навіть при тривалому попередньому прогріванні графітових зразків.

Для вирішення зазначеної проблематики було реалізовано спосіб дугового наплавлення молібдену на графіт в середовищі вакууму з використанням спеціально розробленої та виготовленої установки (рис. 1).



Рис. 1 – Блок наплавлення та подачі присадкового матеріалу



У ході досліджень використовувався електротехнічний графіт марки СК та молібден марки МЧВП (дріт діаметром 1,0 мм). Наплавлення здійснювалось на режимах: сила зварювального струму 55 А, швидкість подачі дроту в дугу 10 м/год., попередній прогрів графітових електродів 15 с, висота графітового електроду 25 мм, діаметр зразків графіту 13 мм, глибина вакууму 2 Па. Катодом слугував графітовий електрод, заточений на конус з притупленням, анодом – зразок графіту з конусним заглибленням, в якому утримувалася зварювальна ванна та формувалася при кристалізації прошарок молібдену.

Як і в попередніх дослідженнях, перед початком проведення процесу наплавлення виконували дегазацію графіту. Дуговий розряд між двома електродами збуджувався і тривав 15 с, після чого впродовж 60 с проводилася витримка для відкачування із камери продуктів випаровування. При подальшому наплавленні молібдену і дослідженні зразків встановили, що пористість в шарі молібдену суттєво зменшується, коли кількість циклів дегазації здійснюється не менше трьох разів. Збільшення кількості циклів понад три не призводить до помітних змін (рис. 2).

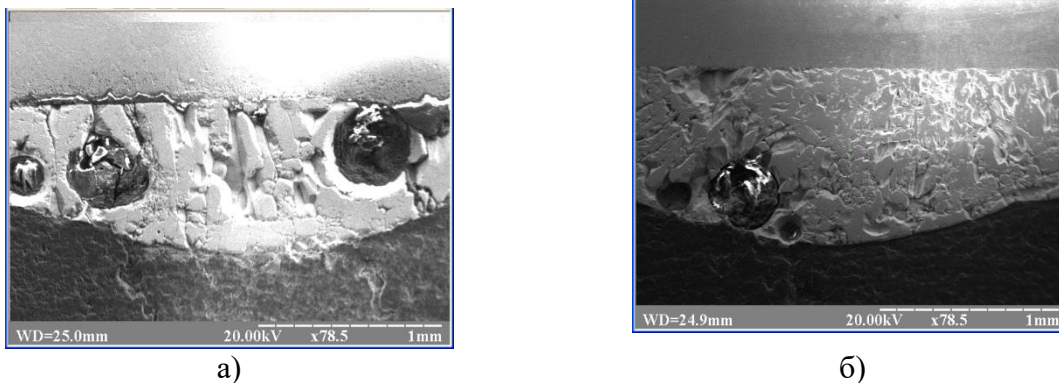


Рис. 2 – Мікрошліфи при одному циклі (а) та при трьох циклах (б) дегазації графіту

Як вказується в роботі [5], у мідно-графітових вузлах, виконаних через прошарок молібдену, рівень максимальних розтягуючих осьових напружень на поверхні графіту знижується в 4 рази вже при товщині прошарку 0,5 мм. При збільшенні товщини прошарку до 1 мм зниження рівня напружень більше, ніж у 6 разів, порівняно з рівнем напружень без прошарку.

Таким чином, реалізація даної технології дозволить при виготовленні мідно-графітових вузлів, отриманих дифузійним зварюванням у вакуумі, усунути небезпеку руйнування графіту після їх охолодження і вилучення із камери.

#### Список посилань

1. Zhong, Z. Brazing of doped graphite to Cu using stress relief interlayers [Text] / Z. Zhong, Z. Zhou, C. Ge // J. Mater. Process. Tech. – 2009. – No. 5. – P. 2662-2670.
2. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3 т.: т.1 [Текст] / Под общ. Ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.
3. Ермолаев, Г.В. Влияние толщины жесткой прослойки на напряженно-деформированное состояние металлографитовых узлов при термическом нагружении [Текст] / Г.В. Ермолаев, В.А. Мартыненко, С.В. Олексенко, А.В. Лабарткава, М.В. Матвиенко // Проблемы прочности. – 2017. – № 3. – С.90-97.
4. Олексієнко С.В. Електродугове наплавлення молібдену на графіт / С.В. Олексієнко, М.М. Руденко, С.М. Ющенко, М.Ю. Найдьон, В.О. Мартиненко // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – С. 91-92.
5. Ermolaev G.V., Martynenko V.A., Olekseenko S.V., Labartkava A.V., Matvienko M.V. Effect of the Rigid Interlayer Thickness on the Stress-Strain State of Metal-Graphite Assemblies Under Thermal Loading / Strength of Materials, Vol. 49, No.3, May, 2017, p. 422-428.

УДК 621.924.93:621.9.048.7

Данилейко О. О., асистент  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона Національної академії наук України  
Джемелінський В. В., канд. техн. наук, професор  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
Бернацький А. В., канд. техн. наук, старший дослідник  
Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона Національної академії наук України  
Лесик Д. А., канд. техн. наук, доцент  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», lesyk\_d@ukr.net  
Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова Національної академії наук України

## ВПЛИВ ДРОБОСТРУМИННОГО ЗМІЦНЕННЯ З НАСТУПНИМ ЛАЗЕРНИМ ТЕРМОЗМІЦНЕННЯМ НА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ СТАЛІ 30ХГСА

Традиційні методи вже не відповідають сучасним вимогам та технологічним запитам сучасних підприємств [1]. Однією з перспективних сучасних технологій для підвищення експлуатаційних властивостей конструкційних сталей є комбіноване термомеханічне зміцнення з використанням інтенсивного пластичного деформування і лазерного термічного оброблення. Великими потенційними можливостями комплексного забезпечення якості поверхневого шару металевих деталей володіють комбіновані методи дробоструминного оброблення (ДСО) та лазерного термооброблення (ЛТО) [2].

Метою даної роботи є дослідження впливу послідовного застосування ДСО та ЛТО на якість поверхневого шару сталі 30ХГСА.

В даній роботі ДСО досліджуваної конструкційної сталі проведена на технологічній установці [2]. Для поверхневого зміцнення використано металеві кульки зі сталі ШХ15. Експерименти ЛТО проведено з використанням лазера «DY044» фірми «ROFIN-SINAR».

Результати показали, що використаний комбінований метод ДСО+ЛТО дозволяє збільшити глибину зміцненого шару в ~1,5 рази, порівняно з ЛТО. Це пов'язано з тим, що після ДСО на поверхні деталей формується мікрорельєф, який покращує поглинальну здатність лазерного випромінювання. Визначено, що глибина зміцненого шару зі збільшенням швидкості ЛТО зменшується. Крім того, внаслідок попередньої дії ДСО на поверхні деталі утворюється зміцнений шар глибиною 105 мкм, який не зникає при подальшому ЛТО. Внаслідок того, що ЛТО короткочасна, процеси динамічного повернення та рекристалізації пройти не встигають. Тому мікротвердість поверхневого шару при ДСО+ЛТО становить ~5,4 ГПа, що в ~2,5 рази більше, порівняно зі значенням мікротвердості матеріалу основи, і в ~1,5 рази більше, ніж значення, отримані після ЛТО.

Дослідження мікроструктури поверхні зміцненого зразка показали, що зона термічного впливу має рівномірну мартенситну структуру. Утворення рівномірної мартенситної структури після ЛТО засвідчує про значне підвищення мікротвердості. В результаті комбінована механо-термічна оздоблювально-зміцнювальна обробка дозволяє підвищити як зносостійкість, так і корозійну стійкість виробів зі сталі 30ХГСА.

### Список посилань

1. Combined surface hardening and laser patterning approach for functionalising stainless steel surfaces / A. Garcia-Giron, J.-M. Romano, Y. Liang, B. Dashtbozorg, H. Dong, P. Penchev, S.S. Dimov // Applied Surface Science. – 2018. – Vol. 439. – P. 516–524.
2. Підвищення ефективності поверхневого зміцнення металевих виробів комбінованою термодеформаційною обробкою / О.О. Данилейко, В.В. Джемелінський, Д.А. Лесик, А.В. Бернадський // Вібрації в техніці та технологіях. – 2020. – №1(96). – С. 103-110.



УДК 669.178:620.192.41:539.213

Лисенко О.Б., докт. фіз.-мат. наук, професор  
Калініна Т.В., канд. фіз.-мат. наук, доцент  
Проноза В.В., магістр  
Комок І.М., магістр

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, [ablisenko@ukr.com](mailto:ablisenko@ukr.com)

Удод А.М., директор-головний конструктор  
ТОВ «УНДКТИ «ДІНТЕМ», м. Дніпро

## ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ПОВЕРХНЕВОГО БОРУВАННЯ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ СТАЛЕЙ

Методами рентгенофазового, металографічного та дюрOMETричного аналізів виконані дослідження фазового складу, мікроструктури та мікротвердості, що фіксуються в умовах лазерного насичення сталей бором. Операцію лазерної хіміко-термічної обробки здійснювали шляхом оплавлення обмазки з порошку аморфного бору товщиною  $\sim 100$  мкм безперервним  $\text{CO}_2$  – лазером при щільності потужності випромінювання  $7,5 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>. Дослідження виконували з використанням вуглецевих (45, У10) та легованих (12Х18Н10Т, 40Х13М3Ф) сталей, які після попередньої термічної обробки відрізнялися вихідною структурою: сталь 12Х18Н10Т мала однофазну структуру  $\gamma$ -твердого розчину, в структурі вуглецевих сталей, окрім твердого розчину на основі  $\alpha$ -модифікації заліза, містилися включення цементиту  $\text{Fe}_3\text{C}$ , а елементами мікроструктури сталі 40Х13М3Ф були  $\alpha$ -твердий розчин та частки карбиду  $\text{M}_{23}\text{C}_6$ .

Показано, що в результаті лазерного насичення сталей бром фазовий склад легованих поверхневих шарів ускладнюється, демонструючи спадкоємний зв'язок з елементами вихідного фазового складу. Так, у зразках однофазної аустенітної сталі 12Х18Н10Т в зоні лазерного борування, поряд з легованим бором  $\gamma$ -розчином, рентгенографічно виявляється лише борид основного компонента  $\text{Fe}_2\text{B}$ . У борованій поверхні вуглецевих сталей 45 та У10 з частками цементиту фіксуються твердий розчин на основі  $\alpha$ -заліза, борид  $\text{Fe}_2\text{B}$  та ізоструктурний цементиту борокарбід  $\text{Fe}_3(\text{C},\text{B})$ , в решітці якого атоми вуглецю частково заміщуються атомами бору. Отже, наявність у вихідній структурі сталі карбідів типу  $\text{Fe}_3\text{C}$  створює передумови для кристалізації з насиченого бором розплаву ізоструктурної фази, яка окрім вуглецю містить бор. Нарешті, в сталі 40Х13М3Ф, в структурі якої після попередньої термічної обробки присутні частки карбідної фази на основі хрому  $\text{M}_{23}\text{C}_6$ , елементами фазового складу лазерно-борованої поверхні є  $\alpha$ -розчин, борокарбід  $\text{M}_{23}(\text{C},\text{B})_6$  з кубічною решіткою типу  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  та сполука  $\text{Fe}_2\text{B}$ , котра виявляється в лазерно-борованих шарах усіх сталей, що досліджувалися.

Наведені вище результати рентгенофазового аналізу призводять до висновку, що фазові складові матеріалу лазерної мішені завдають істотного впливу на процеси кристалізації легованого поверхневого шару, стимулюючи формування фаз-аналогів. В структурі сталей такими активними фазами, поряд з твердим розчином, є карбіди  $\text{Fe}_3\text{C}$ ,  $\text{M}_{23}\text{C}_6$ , схильні до взаємодії з легуючими елементами з утворенням ізоструктурних сполук. Якщо ж матричні карбіди відсутні у вихідній структурі, то карбідна фаза не приймає участі у процесах структуроутворення і в зоні лазерного легування фіксуються лише тверді розчини на основі заліза та рівноважна сполука легуючого елемента з основним компонентом  $\text{Fe}_2\text{B}$ .

Металографічні дослідження, виконані у поперечних перерізах лазерних доріжок, показали, що мікроструктура насичених бором шарів має дрібнодендритну будову з переважним орієнтуванням дендритів твердого розчину уздовж напрямку тепловідводу. Оцінки швидкості охолодження, отримані за величиною дендритного параметра, дали значення  $\sim 10^4$ – $10^5$  К/с, які дозволяють віднести операцію лазерного поверхневого легування до технологічних різновидів гартування з рідкого стану.

Мікроструктура борованих шарів у площині обробки характеризується дисперсністю структурних складових та зональною неоднорідністю, яка пояснюється особливостями механізму масоперенесення в зоні лазерного оплавлення [1]. Металографічним проявом цього ефекту є те, що в центральних ділянках одиничних лазерних доріжок зазвичай фіксуються структури доевтектичного типу, що складаються з дендритів твердого розчину та евтектики, у той час як на периферійних ділянках, окрім евтектики, виявляються скупчення бориду  $Fe_2B$ , а також борокарбідів  $Fe_3(C,B)$  та  $M_{23}(C,B)_6$ .

Згідно з даними дюрOMETричного аналізу, найвищі значення мікротвердості  $H_{50} \approx (13-20)$  ГПа фіксуються на краях борованих смуг, а мінімальні  $H_{50} \approx (5-14)$  ГПа – в зонах з доевтектичною будовою. Усереднена дюрOMETрична характеристика  $\overline{H}_{50}$  зони лазерного борування, яку отримували обробкою результатів 100 вимірювань у двох взаємно перпендикулярних напрямках, що складають із віссю лазерної доріжки кут  $\sim 45^\circ$ , змінюється у діапазоні значень (6,9-14,4) ГПа, котрі приблизно у 2-4 рази перевищують твердість сталей у вихідному структурному стані.

Поверхнєве зміцнення за рахунок лазерного легування бором супроводжується значним (від 3 до 11 разів) покращенням стійкості сталей до абразивного зношування. Найвідчутніше цей ефект проявляється для сталей У10 та 40Х13М3Ф, що корелює з їх максимальними значеннями  $\overline{H}_{50}$ , котрі, у свою чергу, обумовлені утворенням в насичених бором шарах значної кількості високотвердих сполук  $Fe_2B$ ,  $Fe_3(C,B)$ ,  $M_{23}(C,B)_6$ .

#### Список посилань

1. Лысенко А.Б. Механизмы распределения насыщающего элемента в процессе лазерного борирования стали / А.Б. Лысенко, Г.П. Брехаря, В.В. Немошкаленко, Н.А. Сторчак // Металлофиз. новейшие технол. – 2002. – Т. 24, №10. – С. 1363-1374.

**СЕКЦІЯ 6**  
**СУЧАСНІ ЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ У БУДІВНИЦТВІ,  
АРХІТЕКТУРІ ТА ДИЗАЙНІ. ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ**

*UDC 691.3*

**Maryna Kochevykh, PhD in Technical Sciences, Associate professor**  
**Olha Honchar, PhD in Technical Sciences, Associate professor**  
**Dmitriy Anopko, PhD in Technical Sciences, Associate professor**  
**Liliya Kushnierova, PhD in Technical Sciences, Associate professor**  
Kyiv National University of Construction and Architecture, [marikvx@gmail.com](mailto:marikvx@gmail.com)

**FEATURES OF USING SELF-COMPACTING CONCRETE FOR LANDSCAPE  
STRUCTURES**

One of the important elements of the design of the architectural environment of a modern city when creating landscape compositions is monolithic concrete retaining walls of complex formation with a high-quality surface without additional decoration. A retaining wall is a decorative element of a modern landscape for the organization of space on rough terrain in order to increase the aesthetic perception of gardens, parks, squares, parking lots. As well as an engineering structure designed to prevent soil from collapsing and sliding on terrain slopes that have even a small slope (3-8%) and with vertical plot planning to support the artificial relief of the territory. Usually, the construction of such structures requires high-quality materials with a high cost and significant labor costs. The use of self-compacting concrete based on concrete mixtures, capable of densely filling the formwork without vibration and additional energy consumption, is relevant for the creation of such structures. This opens up the possibility of obtaining monolithic structures of any configuration with a uniform structure, various textures and colors, which are characterized by sufficient durability and lack of tendency to crack formation [1]. For vertical elements, structures of complex shapes, highly mobile concrete mixtures with SF3 mobility indicators are used (cone spread 760-850 mm), for structures with high requirements regarding the quality of the surface, which does not require additional processing, concrete mixtures with a viscosity of VS1/VF1 (time T500: less than 2 s) [2]. The possibility of obtaining such concrete mixtures by limiting the grain size of the fine aggregate in its composition to 1.25 mm with a predominance of the fraction of 0.63 mm is shown. The size of coarse fractionated aggregate should not exceed 20 mm. Superplasticizers and stabilizing additives are used to achieve optimal viscosity and ensure a balance between resistance to delamination and mobility. As a superplasticizer, it is advisable to use polycarboxylate ether, as a stabilizing additive - compounds based on an aqueous solution of a high molecular weight polymer, which are developed for Zero Energy system concretes. Such additives, even in small quantities, contribute to the increase in the cost of concrete, but they allow reducing the consumption of cement and filler by a fraction of up to 0.125 mm, which cause an increase in water consumption in the composition of the concrete mixture. At the same time, studies have established the possibility of using recycled aggregates and fillers together with a complex of additives, which contributes to reducing the cost of self-compacting concrete while maintaining their quality and simultaneously solving environmental issues [3]. This opens up an opportunity to reduce material and labor costs for the construction of landscape structures of complex shape based on self-compacting concrete under the conditions of post-war reconstruction of Ukraine.

**References**

1. Schutter, G., Bartos, P. J., Domone, P., & Gibbs, J. Self-compacting concrete: Vol. 288, Scotland, UK: Whittles Publishing, 2008. – 298 p.
2. Domone, P.L. [Self-compacting concrete: An analysis of 11 years of case studies](#) /Cement and concrete composites, Elsevier, Volume 28, Issue 2, 2006. – pp. 197-208.

3. Jialei Wang, Juanlan Zhou, Joseph Kangwa. Self-compacting concrete adopting recycled aggregates / Multi-Functional Concrete with Recycled Aggregates: Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 2023. – pp. 267-288

УДК 666.96

**Olha Honchar, PhD in Technical Sciences, Associate professor**  
**Maryna Kochevykh, PhD in Technical Sciences, Associate professor**  
**Dmitriy Anopko, PhD in Technical Sciences, Associate professor**  
**Liliya Kushnierova, PhD in Technical Sciences, Associate professor**  
Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, gonchar.oa@knuba.edu.ua

### **THE USE OF RAW MATERIALS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE STRATEGY OF LOW CARBON DEVELOPMENT**

The Paris Agreement under the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) on the regulation of measures to reduce carbon dioxide emissions by 2050 provides for the implementation of a global strategy for low-carbon development to limit the temperature rise on the planet to a level significantly lower than 2°C. On the way to the implementation of the Paris Agreement on global climate mitigation measures, Ukraine must implement a number of foundations and strategies. Among them is the acceleration of the implementation of the principles of low-carbon development, which is foreseen by the state policy in the field of climate change for the period until 2030 [1, 2]. The most effective way to reduce CO<sub>2</sub> emissions in the cement industry is to reduce the clinker content in Portland cement. In EU countries in 2014, the average clinker factor in cement was 80%, and by 2050, according to CEMBUREAU (the European Cement Association), it is assumed that the ratio of clinker to cement will be no more than 70%.

The expansion of the production of composite cements, the need to reduce the clinker factor (the percentage of clinker in cement) to solve the environmental problems associated with the production of Portland cement, and the need to preserve natural resources and use man-made materials for the production of binders attract attention to alkaline binding systems [3]. Fly ash, which can be used as a component of alkaline cements, has a much lower reactivity compared to slags, so ash-alkaline binding systems are characterized by relatively low strength indicators, and their special properties largely depend on the chemical and mineralogical composition of the raw materials, which varies within wide limits for the evils of thermal power plants of Ukraine [3]. The elimination of these shortcomings is possible by adjusting the composition of ash-alkaline binder systems by introducing active mineral additives, which are represented by natural or artificial zeolite phases, which affect not only the activity of ash-alkaline compositions, but also the formation of the micro-, meso- and macrostructure of composite materials.

Researches [3] studied the peculiarities of the formation of micro-, meso- and macrostructure during the modification of ash-alkali binding systems with artificial zeolites and confirmed the positive role of the crystal-chemical similarity of neoplasms and aggregate in the synthesis of the strength of artificial stone. This makes it possible to use the specified binding systems in the implementation of the concept of introducing effective low carbon (low emission) cements and concretes based on them, which are one of the five parallel directions of the road map of the cement and concrete sector in the EU low emission economy until 2050 [4].

#### **References**

1. Concept of implementation of state policy in the field of climate change for the period up to 2030; Order of the Cabinet. Min. of Ukraine dated 07.12.2016 No. 932
2. Sanytskyi, M.A. The concept of low-carbon development in the cement industry / M.A. Sanytskyi, T.P. Kropyvnytska, G.S. Ivashyshin, B.G. Rusyn // Building materials and products. – 2017. – No. 5-6. – p. 24-27. – Access mode: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/smii\\_2017\\_5-6\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/smii_2017_5-6_8)

3. Pushkarova K.K., Nazim O.A. Study of the influence of the addition of artificial zeolites on the features of the formation of different hierarchical levels of the structure of artificial stone based on alkaline binding systems. - Herald of ODABA. – Odesa. – 2003. – Issue 12. – p.218-223.
4. The role of cement in the 2050 low carbon economy / CEMBUREAU. – 2013. – P. 64.

UDC 528.48

**Roksolana Oleskiy, Candidate of Engineering Sciences (Ph. D.),**

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, [roksolanaoleskiy@gmail.com](mailto:roksolanaoleskiy@gmail.com)

## COMBINATION OF GEODESIC CONTROL METHODS OF MAIN GAS PIPELINES AND UNDERGROUND GAS STORAGES

Geodetic monitoring of main gas pipelines and underground gas storages is based on high-quality, high-precision measurements, which allow to prevent the detection of dangerous manifestations during the operation of strategically important elements of the fuel and energy complex. The gas transportation system of Ukraine ranks second on the European continent in terms of its technical parameters. A widely developed network of gas pipelines is closely connected with artificially created underground gas storage facilities [1]. That is why such objects should be considered as a whole, since their functioning and operation are closely interconnected. They form the basis of the gas transportation system as a whole.

The use of non-destructive testing methods, to which the geodetic method belongs, has a number of advantages [2]. First of all, this is an opportunity not to stop the operation of the gas transportation system, but to carry out geodetic measurements regardless of the technological process of the object (fig. 1).



Fig. 1 – Main gas pipeline networks on the map of Europe

For the organization of geodetic monitoring, special networks are laid in individual sections of the gas transportation system where surveying is required.

It is convenient to use the existing points of the geodetic base or to lay down new ones, relative to which the location of all other characteristic points of the terrain or equipment elements of a strategically important object will be determined. In some cases, it is possible to determine the height, plan or height-plan position of the points, depending on the tasks.

The combination of remote and ground methods of gas transportation system monitoring will improve the process of tracking and detecting changes in the position of characteristic points. World experience demonstrates the high-quality use of satellite images, with their professional processing. Interferometric Radar X-Ray Spectroscopy (InSAR), an active Earth remote sensing technology that acquires images of the Earth, is a powerful technology for modeling surface deformation and elevation mapping on the surface of the globe. The method is used for geophysical monitoring of natural hazards, such as earthquakes, volcanic eruptions, landslides, as well as in structural design, including subsidence and structural stability monitoring [3]. It is worth using experience and monitoring strategically important objects, using the latest technologies.

### References

1. Oleskiy R.E. Investigation of the stress-strain state of underground gas storage wells based on geodetic measurements: dissertation: 05.24.01 / Kyiv National University of Construction and Architecture. – Kyiv, 2016. – 24 p.

2. Perovych L. Geodetic monitoring of deformations of engineering structures and technological equipment of gas compressor stations / L. Perovych, Dudchyn M. // Budownictwo i inzynieria Srodowiska. Zeszyty naukowe politechniki Rzeszowskiej. Tom II. Rzeezowiu – 1998. – P. 377-380.

3. Gordienko O. Method of satellite radar interferometry / International scientific and technical conference of young scientists «GEOTERRACE-2018», 13-15 desember 2018, Lviv, Ukraine.

UDC 624.151.2

**Irina Mosicheva, Ph.D., Associate Professor**  
**Maria Kolodka, student**  
**Olga Koval, student**

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, imosicheva@gmail.com

### **EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF THE NEED TO CONSIDER THE EFFECT OF VERTICAL SAND DRAINS COLMATATION DURING THEIR DEVICE IN WEAK WATER-SATURATED SOILS**

One of the assumptions of the existing methods for calculating the compaction of weak clayey water-saturated soils when vertical sandy drains are installed in them is the unlimited filtration capacity of the material from which the drains are made [1, 2].

In fact, this material (sand) initially has a finite value of the filtration coefficient, which significantly exceeds the value of the filtration coefficient of the compacted soil.

However, as the consolidation process proceeds, the soil particles surrounding the drain penetrate into it with the current of pore water squeezed out of it, and the filtration capacity of the drain decreases.

The purpose of our experimental studies was to establish the influence of the filtration coefficient of the drain material on the rate of consolidation of silty water-saturated soil with sandy drains.

At the same time, the effect of drain silting in the process of consolidation was studied by making them from a material with different values of the filtration coefficient. Mixtures of pure quartz sand with a fraction of 0.25–0.50 mm and silt powder with a fraction of 0.10–0.25 mm were used as such material at different ratios of their volumes.

4 series of experiments were carried out on the consolidation of cylindrical samples of silt paste with a diameter of  $D = 140$  mm and a height of  $H = 50$  mm with a central drain with a diameter of  $d = 20$  mm ( $n = D/d = 7.0$ ):

- Series I: experiments with a drain of pure sand;
- Series II: tests with a drain of a mixture of sand and silt in a ratio of 3:1 (by volume);
- Series III: the same, in a ratio of 1:1;
- Series IV: the same, in a ratio of 1:3.

In the experiments of all series, the initial moisture content of the silt paste was equal to twice the yield strength of the original soil –  $W_n = 2W_L$ .

The experiments of each series were carried out with 3 repetitions (12 experiments in total) in non-standard devices (odometers) of a special design, which excludes the extrusion of weak clay water-saturated soil from under the stamp and its distortion during the experiment.

The sealing load on the test specimens, equal to 0.1 MPa, was created over a period of 10 minutes by five equal steps of 0.02 MPa each with holding each load step for 2 minutes, which ensured that the soil was not squeezed out from under the stamp.

The results of the performed experiments on the consolidation of samples of silt paste with the radial direction of pore water filtration (into the central drain) were processed according to the methods of Taylor and Casagrande [3] and presented in the form of tables [4]. The values of the consolidation coefficient  $C_R$  in the radial direction, by analogy with the determination of the consolidation coefficient  $C_V$  in the vertical direction of filtration, were determined by the formula:



$$C_R = T_R \frac{D^2}{t_{50\%}}, \quad (1)$$

Where  $T_R$  – time factor corresponding to the value of the degree of consolidation during radial filtration of pore water  $Q_R = 0.5$ , determined by the formula:

$$T_R = -\ln(1 - Q_R) \frac{F(n)}{8} = 0.11 \quad (2)$$

Where

$$n = \frac{D}{d_{dr}} = \frac{140 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} = 7; \quad (3)$$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} = 1.24. \quad (4)$$

Here (formula 1)  $t_{50\%}$  – the time of 50% filtration consolidation, determined from the dependence graph  $S_t = f(\lg t)$  [4], as the time corresponding to the average value of 50% filtration sediment  $S_{50\%}$  for each series of experiments.

Table 1 shows the normative values of the characteristics of deformability ( $\bar{a}$ , MPa<sup>-1</sup>), consolidation ( $\bar{C}_R$ , sm<sup>2</sup>/s) and water permeability ( $\bar{k}_f$ , m/day) of the studied soil, obtained as a result of the performed compression-consolidation tests.

It follows from the data in the table that the maximum discrepancy (up to 15%) in the values of the degree of consolidation at fixed values of the consolidation time occurs at 75% colmatation of the sand drain with silt, which corresponds to the time of practical stabilization of the sample settlement.

Table 1 – Normative values of the silty paste characteristics

Name of characteristics	Series I	Series II	Series III	Series IV
Consolidation coefficient $\bar{C}_R$ , sm <sup>2</sup> /s	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-3}$	$0.9 \times 10^{-3}$
Compressibility coefficient $\bar{a}$ , MPa	0.12	0.11	0.114	0.141
Filtration coefficient $\bar{k}_f$ , m/day	$3.95 \times 10^{-4}$	$3.56 \times 10^{-4}$	$3.19 \times 10^{-4}$	$2.91 \times 10^{-4}$

According to the data given in Table 1, graphs of the dependence of the filtration and consolidation coefficients on the %-th content of silt in the composition of the drain filling material were plotted [4].

These graphs can be used when performing compaction calculations for weak clayey water-saturated bases with vertical sand drains, taking into account their real filtration capacity.

### References

1. Abelev M.YU. Slabye vodonasyshchennyye glinistyie grunty kak osnovaniya sooruzheniy // M., Stroyizdat, 1973. – P. 288.
2. Marchenko A.S. Morskiye portovyye sooruzheniya na slabykh gruntakh // M., Transport, 1976. – P.192.
3. RD 31.31.06 – 79. Rukovodstvo po raschotu uplotneniya slabykh gruntov dlya portovogo gidrotekhnicheskogo stroitel'stva // M., 1983. – P. 72.
4. Posukhovskiy A.K., Mosicheva I.I. Eksperimental'nyye issledovaniya konsolidatsii obraztsov ilistogo grunta v razlichnykh usloviyakh drenirovaniya. Visnyk Odes'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury.– Odesa: ODABA, 2004. – Vol.13. – pp.142-148.

UDC 624.151.2

Irina Mosicheva, Ph.D., Associate Professor  
Nick Stetsenko, student

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, imosicheva@gmail.com

**DEVELOPMENT IN TIME OF SETTLEMENTS IN A WATER-SATURATED SOIL  
BASE HAVING CREEP PROPERTIES DURING ITS PRE-CONSTRUCTION  
COMPACTION WITH DRAINS**

Modern methods of calculating the subsidence of the "vertical drains - loading on the day surface of the water-saturated base" systems during the pre-construction compaction of the bases made of weak water-saturated soils do not allow taking into account such properties of the soils that make up the base, such as the anisotropy of filtration and deformation properties; irreversibility of deformations during loading and unloading of the foundation, and correspond to the stress-deformed state of the soil during compression. At the same time, the foundations of structures, including port ones, can be in a state of compression, as well as in a state of plane deformation and spatial deformation. The course of the theoretical study of ground subsidence was carried out in two stages.

At the first stage, displacements in the under drained zone of the base at the calculated depth  $z$  were determined (Fig. 1). First, the stress-strain state of the half-space at the instant of time was determined. The algorithm described in [1, 2] was used to construct the asymptotic approximation.

According to [1, 2], in this case, the model of the soil base in the form of an elastic isotropic medium should be used and Lamé's elastic constant should be applied.

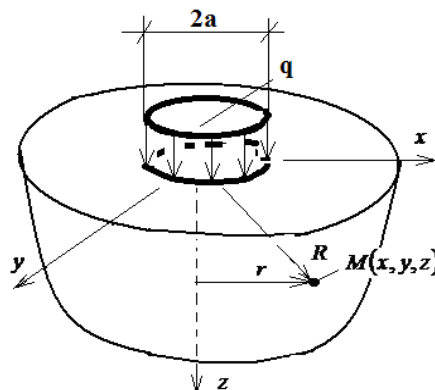


Fig. 1 – To calculate the settlement of a water-saturated half-space

To determine the settlement of the day surface, which is under the influence of an arbitrary load distributed over the plane of the circle, the approximate solution of the problem was obtained by Yu.K. Zaretsky [3], and the exact one - by V.G. Shapoval [2]. There are no analytical solutions to the problem for base movements below the day surface.

The problem was solved under the assumption of homogeneity of the base. That is, it was assumed that there were no sand drains in it. Due to the longer path of filtration of the pore fluid from the subdrain zone - not to the heel of the drain, but to the day surface - this is the most unfavorable case.

This solution, using the Dugamel formulas, was generalized to the case of a time-varying quasi-static load and further to the case of a base with aftereffect properties [4].

In the course of verification of the obtained approximate solution, a comparison was made at  $z = 0$  (base settlement) with a similar exact solution. It turned out that over the entire range, the maximum relative error between the exact and approximate solution does not exceed 8%, and the average relative error does not exceed 3%. It was concluded that this result may well be used for

the development of a methodology for determining base subsidence in the under-drained area of the base.

In the case of a stepwise increase in load, to determine the actual settlement, the dimensionless relative settlement should be multiplied by the corresponding design depth  $z$  of the settlement:

$$S(t) = S^y \cdot S^* = S^y \cdot \left[ 1 - A \left( \frac{z}{b} \right) \cdot \exp \left( -\frac{c_v}{b^2} \cdot t \right) \right], \quad (1)$$

where  $S^y$  – settlement at the calculated depth  $z$ .

If the load on the base, and hence its elastic settlement, changes with time, then the Dugamel principle should be used to determine the settlement [4].

Required: Multiply by the corresponding design depth  $z$  of the draft:

$$S^\phi(t) = S^y(t) + A \left( \frac{z}{b} \right) \cdot \frac{c_v}{b^2} \cdot \int_0^t S^y(\tau) \cdot \exp \left[ -\frac{c_v}{b^2} \cdot (t - \tau) \right] \cdot d\tau, \quad (2)$$

where  $S^y(t)$  – elastic component of settlement at the calculated depth  $z$ .

Finally, if the base has the property of creep, settlement at the calculated depth should be determined as follows [1, 2, 5]:

$$S(t) = S^\phi(t) + \int_0^t K(t, \tau) \cdot S^\phi(\tau) \cdot d\tau. \quad (3)$$

At the second stage of theoretical studies, the settlements of the near-drained area of the base were calculated taking into account the filtration anisotropy of the soil for various boundary conditions. This solution was generalized with the help of Duhamel's formulas [4] for the case of time-varying quasi-static load and for the case of a base that has aftereffect properties.

In general, in the course of the research, for the first time, a solution was obtained for the problem of determining the displacements of an elastic water-saturated base, to the surface of which a load that is constant in time and distributed over the plane of a circle is applied at the calculated depth  $z$ . These results are generalized to the case of a time-varying load on the foundation. The obtained solutions can be used for the base, the soil skeleton of which has the creep property. The accumulated material makes it possible to calculate the settlement of the base in the under-drained zone.

### References

1. Mosicheva I.I. Konsolidatsiya vodonasyshchennogo poluprostranstva, k verkhney granitse kotorogo prilozhena vertikal'naya sosredotochennaya sila / I.I. Mosicheva, A.V. Shapoval // XXI Mezhdunarodnaya zaohnaya konferentsiya «Razvitiye nauki v XXI veke». – Khar'kov: 2017. – pp. 69-78.
2. Shapoval A.V. Alhorytm pobudovy asymptotychnykh rishen' zadach dlya osidannya vodonasychenykh osnov / A.V. Shapoval, V.G. Shapoval // Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, sporudy ta sporudy: zbirnyk naukovykh prats'. – Rivne: 2014 – Vol. 28. - pp. 463-469.
3. Zaretskiy YU.K. Vyazkoplachnost' gruntov i raschety sooruzheniy / Zaretskiy YU.K. – M.: Stroyizdat, 1988. – 352 p.
4. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike / G. Korn, T. Korn. – M.: Nauka, 1974. – 840 p.
5. Shapoval A.V. Teoriya vzaimosvyazannoy fil'tratsionnoy konsolidatsii: monografiya / A.V. Shapoval, V.G. Shapoval. – Dnepropetrovsk: Porogi, 2009. – 311 p.

УДК 624.954:624.15

Винников Ю.Л., докт. техн. наук, професор

Харченко М.О., канд. техн. наук, доцент

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

Марченко В. І., канд. техн. наук, інженер

Кічасов О.С., інженер

ТОВ «НТП «АЛЬМАГРУП», м. Кременчук, oleksiikichasov@gmail.com

### АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИСТЕМИ «ОСНОВА – ФУНДАМЕНТ – МЕТАЛЕВИЙ СИЛОС» З УРАХУВАННЯМ МІНЛИВОСТІ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ

На сьогодні найбільш поширеною технологією сушіння, зберігання й переробки зернових культур є використання елеваторів з металевими силосами (в т. ч. з конусним і плоским днищем), норіями, транспортерами, зерносушилками і т. ін. Агропромисловість – одна з пріоритетних галузей України, а тому попит на елеватори лише зростатиме, що й спостерігається останнім часом. Для таких конструкцій силосів найбільш відповідальними елементами є фундамент і металевий корпус (стінки й покрівля). Металевий корпус збірний, а тому аварії з ним можливі лише за умови недотримання технологічних вимог при монтажі й експлуатації. Більшість ускладнень та аварійних ситуацій при експлуатації силосів викликано нерівномірними деформаціями ґрунтової основи та руйнуванням конструкцій фундаментів внаслідок таких деформацій [1].

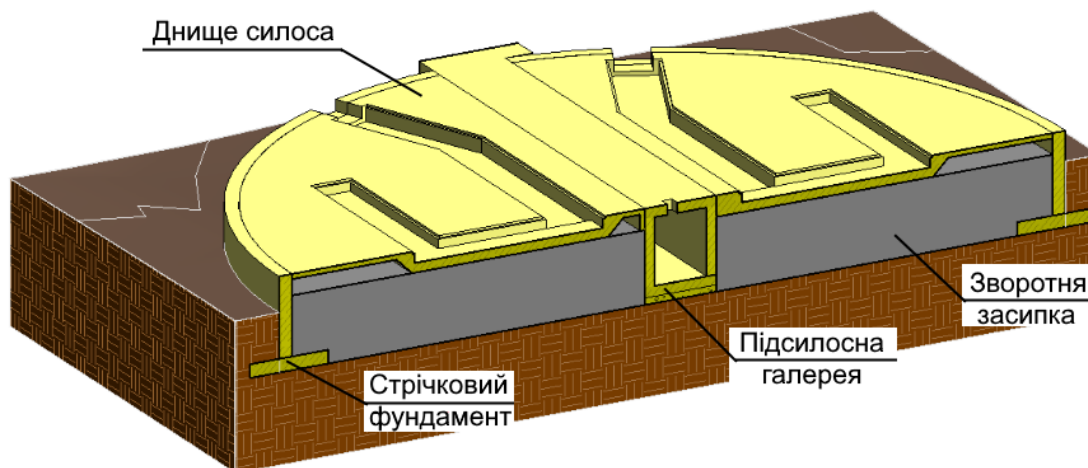


Рис. 1 – Модель фундаменту (окрема фундаментна стрічка під стінками силосу, підземна галерея та днище) силосу

Фундаменти для силосів використовують різних типів:

- з підземним поверхом і суцільною фундаментною плитою (підсилосна галерея з'єднує плиту днища та фундаментну плиту);
- таке ж рішення, але на палях (у цьому варіанті фундаментна плита виконує роль суцільного ростверку);
- окрема фундаментна стрічка під стінками силосу, підземна галерея та днище (як правило, днище з'єднано з підсилосною галереєю, однак не з'єднано з фундаментною стрічкою).

Зосередимо увагу на останньому варіанті, оскільки саме така конструкція має найменший рівень експлуатаційної надійності [2]. В даній роботі буде наведено власний досвід й аналіз апробованих наукових праць щодо сумісної роботи різних елементів фундаментів силосів з ґрунтовою основою в залежності від різних факторів, які виникають протягом експлуатації силосів у складних інженерно-геологічних умовах [3, 4].

На рис. 1 наведено модель описаної вище конструкції фундаменту силосу. Особливістю експлуатації силосів є циклічне завантаження/розвантаження (що складає близько 90% від загальної ваги споруди) та динамічні впливи в процесі завантаження/розвантаження.

Авторами проведено натурні дослідження та скінченно-елементний (СЕ) аналіз зміни напружено-деформованого стану (НДС) системи «грунтова основа – фундамент – металевий силос» у часі. За результатами натурних досліджень, геодезичних вимірювань й аналітичних моделювань, зокрема, встановлено зміни НДС цієї системи на різних етапах його експлуатації.

Отже, в результаті відзначених досліджень, зокрема, встановлено, що існуючі на сьогодні розрахункові схеми для проектування такого виду системи «грунтова основа – фундамент – металевий силос» ще не достатньо коректні. Поки що вони не враховують цілий ряд чинників. Не достатньо достовірно визначається перерозподіл тиску в зонах контакту різних елементів системи фундаментів з ґрунтами. Зокрема, неточно враховується перерозподіл напружень під стрічковою частиною, що призводить до її локальних перевантажень. Тому при експлуатації можливі наднормативні осідання основи, особливо за умов просадочних ґрунтів, наприклад при їх локальному замоканні.

Суттєвим є й фактор оцінювання фактичної жорсткості зворотної засипки під днище силосу (як свідчить досвід, якість її ущільнення часто не відповідає заданій в проекті щільності скелету ґрунту чи коефіцієнту його ущільнення). Цей чинник за нерівномірної деформації кільцевого фундаменту суттєво впливає на внутрішні зусилля підземної галереї.

Жорсткість підземної галереї, взагалі, рідко враховується коректно. У даному випадку розрахункову схему обов'язково слід приймати у просторовій постановці з урахуванням різних розрахункових ситуацій, як-то: локальне замокання просадочної товщі під стрічкою; неякісна зворотна засипка під плитою днища; поєднання перших двох факторів; урахування наявності в залізобетонних конструкціях підземної галереї тріщин і т. ін.

Таким чином, виходом з цієї ситуації є врахування реального НДС системи «грунтова основа – фундамент – металевий силос», а також урахування його змін у часі.

#### Список посилань

1. Dimitar Dakov, Vasil Georgiev, Raina Boiadjieva. Failures of Steel Silos for Grain Storage - Fortuity or Underestimated Risk / D. Dakov, V. Georgiev, R. Boiadjieva // Presented at IABSE Congress: Bridges and Structures: Connection, Integration and Harmonisation, Nanjing, People's Republic of China, 21-23 September 2022, published in IABSE Congress Nanjing 2022, pp. 1617 – 1623. <https://doi.org/10.2749/nanjing.2022.1617>
2. Дворник А.М. Основи та фундаменти циліндричних силосів для зерна / А.М. Дворник, І.Г. Любченко, В.А. Титаренко, О.В. Шидловська // Наука та будівництво. – 2019. – №3. – С. 12 – 18. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v21i3.111>
3. Підлуцький В.Л. Формування НДС у фундаментах зерносушильних комплексів при зміні параметрів ґрунтів. / В.Л. Підлуцький, О.В. Литвин // Основи та фундаменти: Науково-технічний збірник. – К.: КНУБА. – 2020. – Вип. 41. – С. 55 – 63. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.41.2020.55-63>
4. Винников Ю.Л. Розрахунок фундаментної плити силосів на армованій стохастичній основі/ Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.І. Марченко // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика: зб. наук. праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – Вип. 3. – Д.: Вид-во ФОП Удовиченко О.М., 2012. – С. 26 – 32. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.42.2021.30-38>

УДК 692.23:624.014

Хохрякова Д.О., канд. техн. наук, доцент  
Київський національний університет будівництва і архітектури,  
khokhriakova.do@knuba.edu.ua

## АНАЛІЗ ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ ЗОВНІШНІХ СТІНОВИХ PREFAB -ПАНЕЛЕЙ ІЗ ЛСТК

Найбільше наукових праць останніх років належить до досліджень збірних панельних конструкцій житлових та цивільних будівель. Все більш затребуваними в монолітному домобудівництві стають легкі швидкомонтовані огорожувальні конструкції.

Між тим аналіз досвіду застосування таких конструкцій в Україні та країнах ближнього зарубіжжя дозволив виявити низку проблем пов'язаних з поверхневим підходом проектувальників та будівельників до їх конструктивних деталей та технологічних особливостей.

На основі аналізу наявних технічних рішень визначено недоліки стінових панелей з тонкостінних холодноформованих елементів (ПСК – панель стінова каркасна), що вимагають удосконалення їх конструкції і способів їх монтажу. Поелементне складання панелі безпосередньо на місці її встановлення, відсутність заздалегідь розмічених місць кріплення панелі до несучих конструкцій, наявність «мокрих» процесів з використанням в'язучих речовин збільшує трудомісткість і тривалість будівництва. Відсутність у профілях каркасу панелі посадкових місць під кріпильні елементи і можливість коригування положення панелей відносно одна одної при монтажі не забезпечує точності монтажу і відповідно герметичності панелі за рахунок можливості виникнення зазорів. На ефективність вузлових з'єднань ПСК впливає їх ступінь комплектності виготовлення і постачання: повної, часткової або базової комплектності.

В рамках даних наукових досліджень автором розглянуто вузли примикань до несучих елементів каркасу будівлі ПСК наступних конструктивних рішень: легкі зовнішні "термостіни" Ruukki (Rauta)[1], стінове огороження з каркасних навісних панелей (патент RU2591315C2) [2], спеціальні добірні елементи для з'єднання ПСК між собою та закриття несучих конструкцій (патент RU2522359C2) [3], спосіб кріплення зовнішньої стіни будівлі (патент RU2498029C1) [4] і навісні стінові термопанелі із замковим з'єднанням за технологією «МЕТТЭМ» [5].

За результатами порівняння недоліків і переваг досліджуваних конструкцій ПСК зазначені шляхи подальшого удосконалення конструктивно-технологічних рішень: спрощення виготовлення, транспортування і монтажу панелей; збільшення внутрішньої площі будівлі; підвищення герметичності і теплотехнічних характеристик вузлових з'єднань; підвищення точності кріплення і зручності коригування положення панелей при їх монтажі; можливість легкого демонтажу панелей і ремонту стиків без порушення нормальної експлуатації будівлі; скорочення тривалості і зниження трудомісткості монтажу.

### Список посилань

1. Термопрофильные стены Rauta/ Rauta. – 2017. – 100 с. - URL: [https://rautagroup.com/wp-content/uploads/2017/04/rauta\\_termoprofile\\_walls.pdf](https://rautagroup.com/wp-content/uploads/2017/04/rauta_termoprofile_walls.pdf)
2. Способ крепления стенового ограждения, состоящего из навесных каркасных панелей: пат. RU2591315C2 РФ. №2014147037/03; заявл. 21.11.2014; опубл. 20.07.2016, Бюл. № 20. 8 с.
3. Элемент многослойной легкой строительной панели и способ его изготовления: пат. RU2522359C2 РФ. № 2012135323/03; заявл. 17.08.2012; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 19. 29 с.
4. Способ крепления наружной стены здания: пат. RU2498029C1 РФ. № 2012125727/03; заявл. 21.06.2012; опубл. 10.11.2013, Бюл. № 31. 11 с.
5. Стеновые панели для многоэтажных зданий. FRAMECAD. Каркасное строительство. URL: <https://fros.ru/products/stenovyie-paneli>



УДК 621.941-229.3:531.133

Дешко В.І., докт. техн. наук, професор  
 Білоус І.Ю канд. техн. наук, доцент  
 Буяк Н.А., канд. техн. наук  
 Сапунов А. О., аспірант

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
[korovaj.te@gmail.com](mailto:korovaj.te@gmail.com)

## РІВЕНЬ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТУ В ПЕРЕХІДНИЙ ТА ЛІТНІЙ ПЕРІОД ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ З ЧУТЛИВИМИ ВЕРСТВАМИ НАСЕЛЕННЯ

У перехідний та літній період необхідно забезпечувати оптимальний рівень температури в приміщеннях які є важливим аспектом створення здорового та продуктивного середовища для людей з чутливими верствами населення. Для визначення теплового комфорту використовується стаціонарна модель теплового комфорту (PMV), яка була розроблена Фангером і до цих пір лежить в основі багатьох досліджень теплового комфорту. За допомогою програмного забезпечення DesignBuilder було побудовано дві модель будівлі дошкільного навчального закладу в місті Київ з теплотехнічними параметрами, що відповідають існуючим (базовий варіанти) та варіант для якого параметри будівлі відповідають вимогам, які представляються у Швеції. На рис 1. Представлено динаміку зміни PMV для ігрової кімнати у робочі години з 8:00 по 16:00 з охолодженням та опаленням для перехідного та літнього періоду, а також з різними показниками термічного опір людини 0.5 clo та 1 clo.

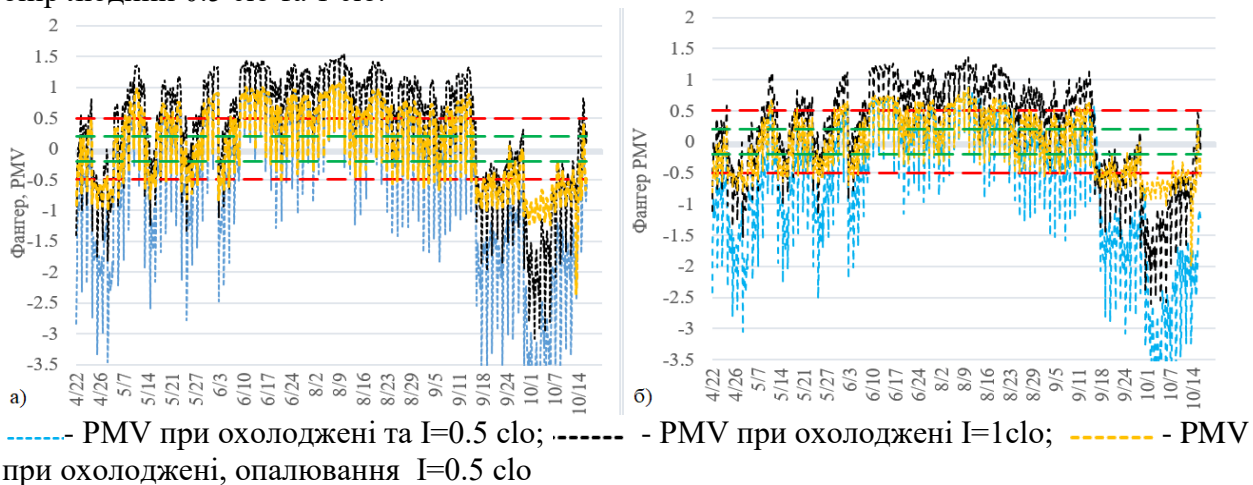


Рис. 1 – а) ігрова термічний опір огорожень відповідає базовому варіанту орієнтована на Пн; б) ігрова кімната термічний опір огорожень відповідає нормам Швеції орієнтована на Пн;

Мінімальне значення PMV для північної орієнтації для базового варіанту при термічному опорі одягу 0.5 clo становить -2,47, після підвищеного рівня термічного опорі огорожувальних конструкцій мінімальне значення PMV становить -2.20, для південної орієнтації PMV становить -2,37 та -2.01 відповідно. Підвищення рівня термічного опорі одягу людини до 1 clo дозволить підвищити мінімальні значення PMV до -1.12 та -0.92 для північно орієнтації та -1.04 та -0.84 для південної орієнтації відповідно. Якщо залишити рівень термічного опорі одягу на рівні 0.5 clo і забезпечити ввімкнення опалення тоді PMV коливатиметься у діапазоні комфортних тепловідчуттів, але при цьому характерне підвищення енергопотребности на 9.5 кВт/м<sup>3</sup> та 6.58 кВт/м<sup>3</sup> для базового та запропонованого варіанту огорожень відповідно що становить 11.5% від основного енергопотребности. Отже покращення рівня теплового захисту та налагодження правильної системи управління

температурним режимом в комплексі з вибором рівня термічного опору одягу дозволить підтримувати РМВ в межах рекомендованого  $-0.5...+0.5$ .

УДК 624.014 + 536.21

**Башинський О.В., аспірант, інженер технічної підтримки**  
Київський національний університет будівництва та архітектури, ТОВ «ЛІРА-САПР»,  
[alex.bashinsky97@gmail.com](mailto:alex.bashinsky97@gmail.com)

### АНАЛІЗ НДС ВОГНЕЗАХИЩЕНОЇ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ ПЕРЕКРИТТЯ З ВРАХУВАННЯМ НЕЛІНІЙНОСТІ

**Мета дослідження** – дослідження міцнісних та деформаційних характеристик перерізу сталеві балки перекриття при впливі пожежі. Запровадження методики розрахунку сталевих перерізів на вплив пожежі [1]. Визначення впливу вогнезахисного матеріалу на характеристики матеріалу. Порівняння результатів розрахунку з та без врахування нелінійної зміни теплотехнічних характеристик матеріалу [2].

**Предмет дослідження** – Двотавр №35Б1 за ГОСТ 26020-83, модуль пружності сталі (E) –  $2.1 \cdot 10^7$  т/м<sup>2</sup>. Залізобетонна плита перекриття товщиною 120 мм, що спирається на двотавр.

Оскільки, зміна температури по довжині балки та плити перекриття відбувається рівномірно, це дозволяє розглядати розподіл температури вздовж частини перерізу однієї висоти.

Було задано нелінійні характеристики теплопровідності матеріалів балки та плити (таблиця 1). За лінійні характеристики матеріалу було прийнято характеристики для 20°C. Температурне навантаження було задано відповідно до стандартного температурного режиму пожежі тривалістю 5 годин. Температура навколишнього середовища в початковий момент часу прийнята 20 °C.

Таблиця 1 – Нелінійні теплотехнічні характеристики бетону і сталі

Температура, °C	Сталь		Бетон	
	Питома теплоємність, Дж/кг * К	Теплопровідність, Вт/м * К	Питома теплоємність, Дж/кг * К	Теплопровідність, Вт/м * К
20	439.802	53.334	900	1.64222
100	487.62	50.67	900	1.49765
200	529.76	47.34	1000	1.3317
300	564.74	44.01	1050	1.18215
400	605.88	40.68	1100	1.049
500	666.5	37.35	1100	0.93225
600	759.92	34.02	1100	0.8319
700	1008.16	30.69	1100	0.74795
800	803.261	27.3	1100	0.6804
900	650	27.3	1100	0.62925
1000	650	27.3	1100	0.5945

Для проведення чисельного дослідження у програмному комплексі ЛІРА-САПР була створена скінченно-елементна модель перерізу (рис. 1). Також було запропоновано декілька варіантів вогнезахисту з використанням вогнезахисного матеріалу від українського виробника.

З метою визначення зміни температури в перерізі конструктивного елемента з плином часу за допомогою методу скінченних елементів було вирішено задачу теплопровідності.

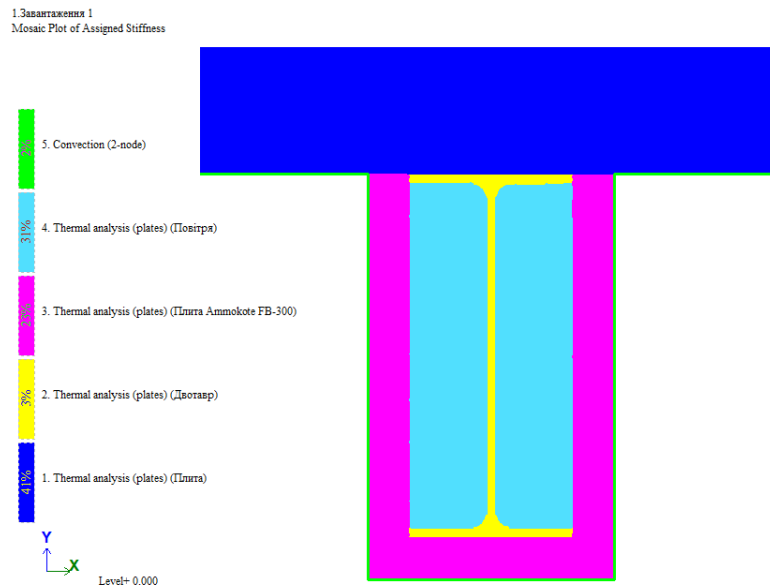


Рис. 1 – Скінченно-елементна модель перерізу з вогнезахистом

Після отриманих результатів температури на кожній відмітці часу (крок 5 хв) за допомогою понижуючих коефіцієнтів було побудовано графіки зміни модулю пружності-деформації від часу для кожного з запропонованих варіантів вогнезахисту (рис. 2).

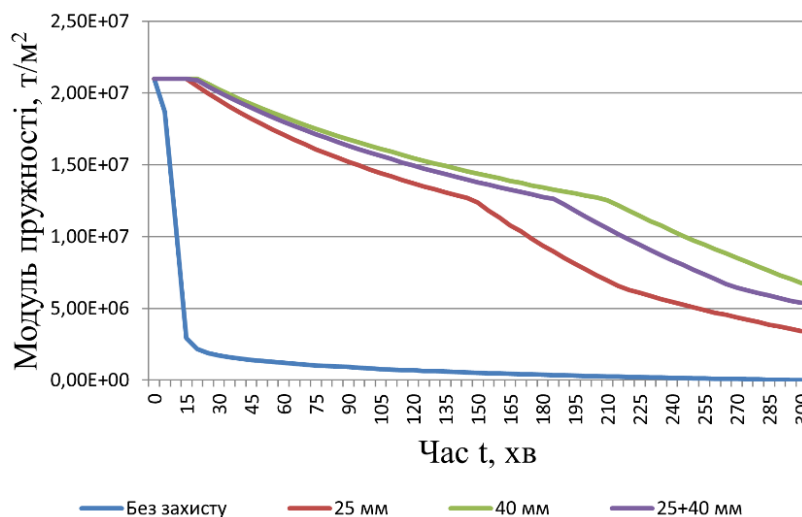


Рис. 2 – Графік зміни модуля пружності з часом для кожного запропонованого варіанту вогнезахисту

Також було порівняно результати розрахунку з та без урахування нелінійності матеріалу (таблиця 2).

Таблиця 2 – Порівняння результатів з та без врахування нелінійності матеріалів

Час, хв	Нелінійні матеріали		Лінійні матеріали		Похибка, %	
	T, °C	E, т/м <sup>2</sup>	T, °C	E, т/м <sup>2</sup>	T	E
15	79,6	2,1*10 <sup>7</sup>	82,2	2,1*10 <sup>7</sup>	3,3	0
60	227	1,83*10 <sup>7</sup>	256	1,77*10 <sup>7</sup>	12,8	3,28
300	596	6,75*10 <sup>6</sup>	751	2,3*10 <sup>6</sup>	26	65,9

#### Список посилань

1. Bashynskiy O.V. Determination of changes in thermal stress state of steel beams in LIRA-SAPR software / Bilyk S.I., Bashynska O.Y., Bashynskiy O.V. // Strength of materials and theory of structures – 2022. – Issue 108. – pp. 189-202. Режим доступу: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2022.108.189-202>

УДК 624

Молодід О.С., докт. техн. наук, доцент  
Мусяка І.В., аспірант

Бендерський С.О., аспірант

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
[binderskyi\\_so-2022@knuba.edu.ua](mailto:binderskyi_so-2022@knuba.edu.ua)

## ПОТРЕБА У ВІДНОВЛЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК ПОЗАПРОЕКТНИХ ВПЛИВІВ

У процесі обстеження будівель та споруд, що пошкоджені в результаті військових дій на території Київської області, зокрема в містах Ірпінь, Бородянка і Гостомель, виявлено, що несучими будівельними конструкціями, які найбільш часто зазнавали пошкоджень були: дахи; стіни; перекриття (покриття).

У випадку, якщо за результатами проведеного обстеження будівля визнана такою, що може бути відновленою [1, 2], то експлуатаційна придатність [4] пошкоджених/зруйнованих конструкцій повинна бути відновлена.

До найбільш поширених пошкоджень стін та перекриттів відносяться: отвори малих та великих діаметрів, тріщини, сколи, пошкодження верхніх шарів від термічних впливів у наслідок пожеж, відхилення від проектного положення, часткове, або повне руйнування, тощо.

Відновлення дахів порівняно нескладне через їх конструкцію, яка здебільшого представлена дерев'яними кроквами із дерев'яною обрешіткою, поверх якої влаштована покрівля. Відновлення конструкцій даху [4] проводиться шляхом демонтажу пошкоджених чи зруйнованих елементів із подальшою її заміною на нові. Відносна простота виконання таких робіт полягає у можливості застосування як ручної праці при монтажних-демонтажних роботах, так і вантажопідійомних машин і механізмів. Простота робіт із відновлення полягає у просторовому положення конструкцій даху відносно будівлі: вони знаходяться над будівлею і відсутні інші конструкції, які перешкоджають виконанню ремонтно-відновлювальних робіт.

Щодо таких несучих конструкцій як стіни та перекриття, у випадку незначних їх пошкоджень, відновлення можна виконати шляхом ремонту, а саме: ін'єктування тріщин, заповнення порожнин, відновлення геометрії ремонтними сумішами, перекладанням незначних ділянок кладки і т. ін.

При значних пошкодженнях конструкцій їх необхідно замінити на нові, або відновити шляхом виконання комплексу ремонтно-відновлювальних робіт спрямованого на ремонт та підсилення конструкцій, що значною мірою ускладнюється наявністю конструкцій, які знаходяться над ними, що особливо актуально для багатопверхових будівель. Один із способів відновлення будівлі з пошкодженими несучими стінами та/або перекриттями може полягати у демонтажі всіх будівельних конструкцій, що зведені вище з подальшою заміною пошкоджених конструкцій на нові та відбудовою демонтованих конструкцій. Проте зазначений спосіб занадто трудомісткий та має високу вартість і тривалість робіт.

Саме тому необхідно дослідити та удосконалити існуючі, або розробити нові технологічні підходи, що враховуватимуть вид пошкоджень від позапроектних впливів та дозволять виконувати ремонтно-відновлювальні роботи безпосередньо на місці.

### Список посилань

1. Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва. Затверджений постановою КМ України від 12 квітня 2017 р. № 257 та змін, що прийнятих постановою КМ України від 5 квітня 2022 р. № 423.

2. Методика обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів, що затверджена наказом Міністерства розвитку громад та територій України 06.08.2022 року № 144.

3. ДБН В.1.2-XX:201X Експлуатаційна придатність будівель та споруд. Основні положення. Проект (остаточна редакція).

4. ДСТУ Б В.3.1-2:2016 Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд.

УДК 69.003:658.15.011.46

**Шатрова І.А., канд. техн наук, доцент**  
**Демидова О.О., канд. техн наук, доцент**

Київський національний університет будівництва і архітектури, [inna.shatrova@gmail.com](mailto:inna.shatrova@gmail.com)

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЧЕРГОВОСТІ ЗАБУДОВИ МІКРОРАЙОНІВ МІСТОБУДІВНИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

Черговість забудови мікрорайону визначають за черговістю будівництва містобудівних комплексів:

- проектують вихідний варіант черговості;
- обґрунтовують економічну черговість забудови;
- проектують робочий варіант забудови;

Проектування вихідного варіанта черговості будівництва містобудівних комплексів здійснюється з рахуванням таких факторів:

- характеру рельєфу території будівництва.
- місця підключення внутрішньо-квартирних комунікацій до магістральних.
- обсягів робіт для підготовки території до будівництва (наявність на території будівель, які підлягають знесенню, можливість тимчасового використання проєктованих постійних будівель і споруд для потреб будівництва та ін.).
- забезпечення зручностей для мешканців будинків, які вводяться в експлуатацію в період будівництва мікрорайону [1].

Черговість забудови економічно обґрунтовують на основі розрахунку і порівняння обсягів незавершеного будівництва з інженерної підготовки території для різних варіантів послідовності будівництва містобудівних комплексів. Для кожного містобудівного комплексу визначають обсяги робіт з інженерної підготовки території, які необхідно виконати для забезпечення введення будівель в експлуатацію, припускаючи, що кожний містобудівний комплекс буде забудовуватися першим [2].

Економічно доцільний варіант розподілу капітальних вкладень визначають ривнянням варіантів тривалості будівництва містобудівних комплексів і суміщенням їх за часом. Варіант розподілу капітальних вкладень, який забезпечує найменший розмір сумарних витрат, віднесених на початок будівництва мікрорайону, беруть як остаточний – основу для уточнення розподілу капітальних вкладень у процесі формування тривалих будівельних потоків і розробки календарного плану.

### **Список посилань**

1. Генот ділової досконалості і ділова культура виробничої організації-основа культури виробничих відносин суспільства [Текст]/ [Савенко В.І. Шатрова І.А., Демидова О.О., Нестеренко І.С., Орлик Ю.В.] // Збірник наукових праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». – Вип. 48, Частина 1. Технічний. – ТОВ «Видавництво «Ліра-К», 2021 – с. 21-29.

2. Жаров Я.В. Организационно-технологическое проектирование при реализации инвестиционно-строительных проектов / Я.В. Жаров // Вестник МГСУ, 2013. – №5. – с. 176-184.

УДК 621.396

Герасимов С.В., докт. техн. наук, професор  
Чернявський О.Ю.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», gsvnr@ukr.net

## МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ БЕЗПІЛОТНОГО ЛЕТАЛЬНОГО АПАРАТУ ПРИ ДИСТАНЦІЙНОМУ ЗОНДУВАННІ ЗЕМЛІ

Сьогодні широко застосовуються безпілотні летальні апарати у різних галузях народного господарства. Не залишилась без уваги безпілотних літальних апаратів і картографія. Основною задачею картографії є дослідження способів зображення сферичної поверхні, насамперед Земної, на плоскій (наприклад, аркуші паперу), для чого розроблено теорію картографічних проєкцій. При цьому актуальним постає питання моделювання траєкторії руху безпілотного летального апарату при дистанційному зондуванні поверхні для створення актуальної картографічної картини поверхні.

Тому, завдання, які спрямовані на досягнення високого рівня точності прокладання маршруту руху, повинні бути реалізовані за рахунок використання ефективних методів обробки інформації та врахування впливу нерегулярності фігури планети Земля. Слід відмітити, що ускладнення алгоритмів моделювання траєкторій руху доцільно тільки при незначних інструментальних похибках навігаційних систем безпілотних літальних апаратів, які забезпечуються сьогодні лише в ряді випадків сумісного використання інерційних систем навігації та систем супутникової навігації (наприклад, за сигналами GPS) [1, 2].

Призначенням навігаційної системи або комплексу навігаційних систем безпілотного летального апарату при дистанційному зондуванні поверхні є вироблення вектору параметрів навігації за результатами проведення вихідних вимірювань і їх подальшої обробки. Отриманий вектор параметрів навігації використовується у подальшому при моделюванні траєкторій руху безпілотних літальних апаратів для забезпечення адекватної інформації, яку отримано за результатом зондування. Крім зазначених параметрів навігаційні системи забезпечують вироблення й іншої інформації виходячи із призначення поточного зондування поверхні: інформація про відхилення картографічного зображення місцевості від заданої точки прив'язки, при зміні місцевості (появи або зникнення об'єктів), інформація про положення об'єкта відносно точок прив'язки тощо.

Вимоги до точності моделювання маршруту руху безпілотного літального апарату можуть істотно відрізнитися для різних задач зондування поверхні із врахуванням потрібного обсягу та складності навігаційного обладнання.

Як правило, до складу навігаційної системи безпілотного літального апарату при зондуванні поверхні входять системи безперервної дії:

система зчитування координат, яка використовує вимірювач швидкості та курсу та здійснює інтегрування проєкцій вектору швидкості на горизонтальні осі географічної системи координат [2];

інерціальна система, чутливими елементами якої є вимірювачі прискорень (акселерометри) і гіроскопи [3].

Використання наведених систем відбувається не тільки через безперервність їх дій, а і через її автономність, тобто відсутністю контактів з будь-якими зовнішніми джерелами інформації (наприклад, сигналами GPS), а й можливістю розрахунку потрібних складових вектору основних навігаційних параметрів.

Інерціальні навігаційні системи є основою навігаційних комплексів сучасних безпілотних літальних апаратів. Таку якість пов'язано з тим, що навігаційні системи дозволяють отримати інформацію про потрібні навігаційні параметри руху безпілотних літальних апаратів:



- кути курсу, диференту, крену;
- значення прискорення, швидкості руху;
- координати місця об'єкта на місцевості (точки прив'язки).

При цьому інерціальна навігаційна система автономна, тобто не вимагає ні якої додаткової інформації ззовні. Завдяки можливості визначати кутове положення об'єкту на місцевості з високою точністю в будь-якому діапазоні кутів і з високою частотою видачі інформації, інерціальні навігаційні системи рекомендовано для безпілотних літальних апаратів при зондуванні поверхні [3].

Отже, сформульовано основні вимоги, які пред'являються до систем навігації при моделюванні руху безпілотних літальних апаратів: високу точність; автоматичний режим роботи; стійкість до дії радіотехнічних завад; всепогодність застосування.

Але, на даний час для всепогодної навігації літальних апаратів широко застосовуються приймачі сигналів супутникових навігаційних систем. Проте апаратура прийому супутникової інформації не відповідає вимогам щодо завадозахищеності та точності при впливі радіотехнічних завад. Отже, при моделюванні руху безпілотних літальних апаратів пропонується розглядати сумісну навігаційну систему – інерціальну та супутникову.

Проведено оцінювання впливу похибки маршруту руху, яку обумовлено помилками розрахунку радіусів кривизни еліпсоїда. Встановлено залежність похибки інерціальної системи від помилки обчислення радіусів кривизни. Обґрунтовано, що при використанні лінеаризації радіусів кривизни еліпсоїда можна вважати відсутніми інші джерела похибок інерціальної системи навігації. Такий висновок отримано при використанні наближеної моделі, яка передбачає повільне змінення похибок обчислення радіусів кривизни еліпсоїда порівняно із динамікою контуру побудови вертикалі для даного випадку розташування безпілотного літального апарату як об'єкта спостереження та об'єкта зондування на поверхні.

Помилки моделювання руху викликані похибкою визначення радіусів кривизни поверхні, їх поділяють на дві групи. Перша група пов'язана з маневруванням об'єкта спостереження на поверхні, при цьому вплив збурень на вертикаль носить короткочасний, імпульсний характер. Друга група характеризується повільно змінними збуреннями при русі безпілотного летального апарату та характеризується виникненням систематичних похибок вертикалі.

Розрахунки показали, що використання моделі сферичної Землі призводить до похибки вертикалі близько (2 – 3)" , але врахування систематичної складової зменшує похибку до рівня менш 0,1". Отже, прецизійна система розрахунку параметрів навігації та формувач інерційної вертикалі (в інтересах зниження похибки, яка виникає при маневрі) повинні використовувати оцінку радіусів кривизни із похибкою близько 400 м.

Проведено оцінювання точності моделювання руху безпілотних літальних апаратів при зондуванні поверхні із сумісним використанням інерціальної та супутникової систем. При заданих значеннях кутових похибок у визначенні положення об'єкта на місцевості (точка прив'язки) на рівні 1; 2; 3" дає помилку у визначенні координат на рівні (0,1; 0,2 і 0,3)" відповідно, що є на (10-12)% краще від існуючих інерціальних систем.

#### Список посилань

1. Герасимов, С.В. Модель оцінки похибки обробки інформації у навігаційних системах крилатих ракет в умовах невизначеності [Текст] / С. В. Герасимов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2019. – № 2 (35). – С. 151-157. – <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.35.19>.
2. Герасимов, С.В. Модель похибок навігації в аномальному гравітаційному полі землі [Текст] / С. В. Герасимов, Д. В. Макарчук, О. І. Костенко // Зб. наук. пр. Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2018. – Вип. 3 (57). – С. 109-114. – <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.57.16>.
3. Герасимов, С.В. Теоретические основы оценки ошибок значений сигналов с гармонически меняющимися параметрами [Текст] / С. В. Герасимов, Е. С. Рощупкін // Озброєння та військова техніка. – 2018. – Вип. 2 (18). – С. 43-49.

УДК 351.811.111

Корнієнко І.В., канд. техн. наук, доцент  
 Корнієнко С.П., канд. техн. наук, доцент  
 Національний університет «Чернігівська політехніка», cornel@ukr.net

### УТОЧНЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ІНТЕНСИВНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОГО РУХУ НА ОСНОВНИХ МАГІСТРАЛЯХ ТА ВУЛИЦЯХ М. ЧЕРНІГОВА СТАНОМ НА 2023 РІК

У 2023 році було проведено оновлення статистичної інформації щодо приведеної інтенсивності автомобільного руху основними магістралями та вулицями м. Чернігова. Для зменшення обсягів робіт та за відсутності на даний час системи автоматичного обліку і розрахунку показників автомобільного руху у місті Чернігові, оновлення статистичних даних здійснювалося на основі статистичних параметрів геоінформаційної моделі мережі прибирання міста Чернігова, що була сформована за даними і вимірюваннями 2017 року.

Алгоритм оновлення статистичної інформації включав наступні операції: за допомогою алгоритму повернення випадкових точок на лінійних відрізках QGIS обрані випадкові ділянки для статистичного спостереження (рис. 1). Виконані статистичні спостереження та підрахунки кількості автомобільної техніки за категоріями. Обчислені значення приведеної середньорічної добової інтенсивності автомобільного руху в обраних пунктах спостереження. Обчислені коефіцієнти приведення інтенсивності автомобільного руху станом з 2017 року до стану 2023 року. Обчислені значення приведеної середньорічної добової інтенсивності автомобільного руху на основних магістралях та вулицях міста Чернігова.

Пункти вимірювання  
 статистичних  
 параметрів  
 середньодобової  
 середньорічної  
 інтенсивності  
 автомобільного руху

Умовні позначення

— Автомобільні дороги і вулиці,  
 які підлягають дослідженню

Пункти вимірювання

● Точки проведення вимірювань

● Контрольні точки

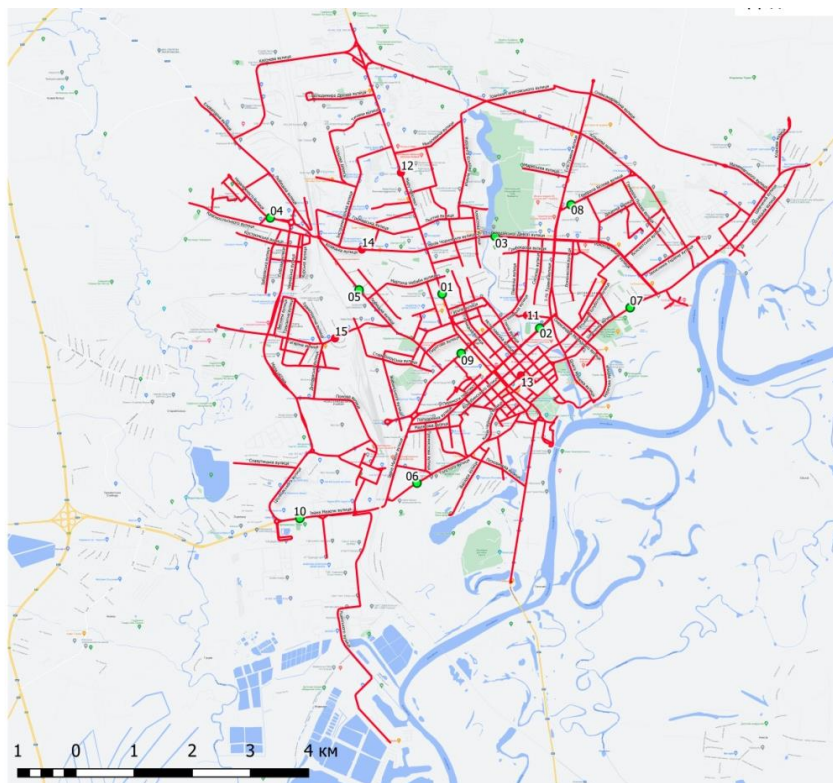


Рис. 1 – Визначені основні магістралі та вулиці м. Чернігова

З урахуванням статистичних вимірювань на всіх 15 контрольованих ділянках, коефіцієнт приведення інтенсивності автомобільного руху складає  $\bar{K}_n = 1,33$ .

УДК 726:27-523.42](477.51)

Завацький С.В., канд. фіз.-мат. наук, доцент  
Павленко В.В., народний архітектор України, ст. викладач  
Землянська К.С., здобувачка вищої освіти  
Кухаренко С.І., здобувачка вищої освіти  
Національний університет «Чернігівська політехніка», s.zavatski@gmail.com

## ШЕДЕВРИ МОНУМЕНТАЛЬНОЇ ДЕРЕВ'ЯНОЇ АРХІТЕКТУРИ ПРИДЕСЕННЯ: КОНСТРУКТИВНО-КОМПОЗИЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ВТРАЧЕНОГО ХРАМУ ВОЗНЕСІННЯ ГОСПОДНЬОГО В с. БЕРЕЗНА

Питання збереження та відновлення національної пам'яті будь-якої спільноти напряду пов'язані із оточуючим історичним середовищем. Сакральна народна архітектура була достатньо розповсюджена по всій території України, створюючи в селах і містечках неповторне середовище релігійної і національної єдності українців.

До золотого фонду української національної культури, втраченого за часи радянської влади, можна віднести ряд унікальних сакральних дерев'яних споруд Придесення, досліджених і ретельно описаних Стефаном Андрійовичем Таранушенком на початку ХХ століття [1] (на жаль зі 181 церкви Лівобережної України, на сьогодні за підрахунками краєзнавців, збереглися лише 16.).

Справжніми перлинами монументальної дерев'яної архітектури Чернігівщині С.А. Таранушенко вважав три церкви: Троїцьку церкву 1710 року у селі Пакуль, Вознесенську церкву 1759-1761 років в містечку Березна, Миколаївську церкву 1760 років в селі Нові Млини (рис. 1).



а) б) в)  
Рис. 1 – Загальний вигляд церков [2]: а – Троїцька (фото 1928 р.), б – Вознесенська (фото 1928 р.), в – Миколаївська (фото 1931 р.)

Як бачимо з рис. 1 кожний з наведених дерев'яних храмів представляє свій власний архітектурний стиль, виплеканий віковою народною будівельною традицією. Одна з трьох представлених церков вирізняється унікальністю архітектурної композиції, своїм неповторним архітектурно-художнім образом. Це Вознесенська церква в селищі Березна.

Метою даної роботи є дослідження конструктивно-композиційних особливостей втраченої церкви Вознесіння Господнього в с. Березна, Чернігівської області з відтворенням архітектурних креслень для подальшої модельної реконструкції будівлі.

За даними С.А. Таранушенка Вознесенську церкву було збудовано видатним ніжинським майстром – Панасом Семеновичем Шолудком в стилі українського бароко. Стиль бароко сформувався в період інтенсивного розвитку освіти в європейських країнах.

Тому для мистецтва бароко притаманні велич, пишність, динамічність, пристрась до різноманітних ефектів та яскравої видовищності. Вважається, що найбільша кількість барокових храмів була збудована в Україні за часів козацтва, а саме завдяки Івану Мазепі, відомому своєю прихильністю до української культури [3].

Детально описуючи технологію зведення дерев'яних храмів на Лівобережній Україні С.А. Таранушенко відмічає бажання Панаса Шолудко збудувати щось особливе для березинської громади, тому в контракті на будівництво церкви з'явився додаток: «В добавку сего моего контракта еще задолжаюся по точному примѣру Покровской Березинской церкви два преддверніе слупи здѣлать з банями манерними и превосходя ту работу, как можно красивѣйше дѣлать старатимуся» [2]. І талановитому майстрові це вдалося. Дві високі вежі на західному фасаді вирізняють церкву в Березні з-поміж усіх її посестер, і ми миттєво пізнаємо її на світліні. Між собою слупи міцно ув'язувала перекинута між ними «арка» та широкий карниз, візуально цей зв'язок підсилював і балкон із пишною балюстрадою. В інтер'єрі йому відповідала лоджія, вони сполучалися між собою дверима (рис. 2) [2].

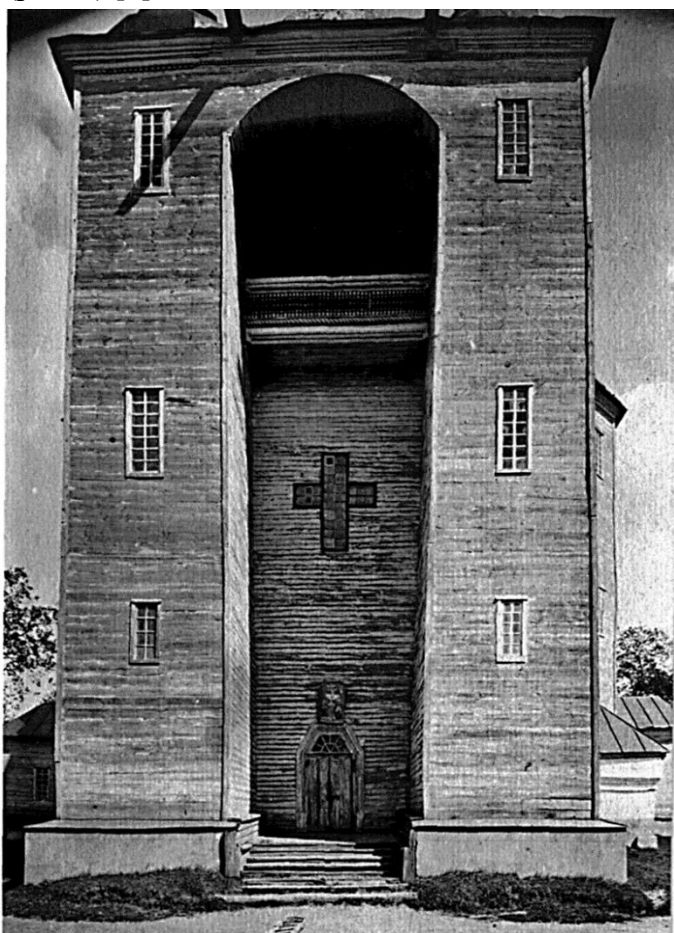


Рис. 2 – Зовнішній вигляд бабинця і слупів Вознесенської церкви (фото 1928 р.) [1]

Вознесіння Господнього. Отже, церква мала, крім головного вівтаря, додаткові малі північний і південний вівтарі; нава складалася з центральної, північної та південної частин. Без слупів тип плану Вознесенської церкви – п'ятиверха хрещата в плані будова, що складається з трьох шестигранних і одного квадратного (бабинець) рукавів. Відновлені креслення плану наведено на рис. 3.

Хоча церкви вже не існує, С.А. Таранушенко виразно описав особливості візуального сприйняття західної частини церкви, коли значна частина ніші між слупами опинялась у глибокій тіні у яскраві сонячні дні. І саме в той момент, слупи з нішею, починають сприйматися як самостійна споруда.

Слід зазначити, що архітектурна побудова православних дерев'яних храмів України формувалась впродовж багатьох століть за певними канонічними традиціями, а саме із 3 частин:

**бабинця** – частини храму, в якому переважно є вхід у храм, місце, де перебували жінки старшого віку;

**нави** – найбільшої частини храму, переважно схожої за формами з іншими частинами храму;

**вівтаря** – за розміром переважно такий самий, як і бабинець. Там перебуває священик під час літургії, розміщуються Царські ворота та церковний іконостас.

Кожна частина храму окремо називається зрубом. Семизрубні в плані церкви були винятком, як і Церква



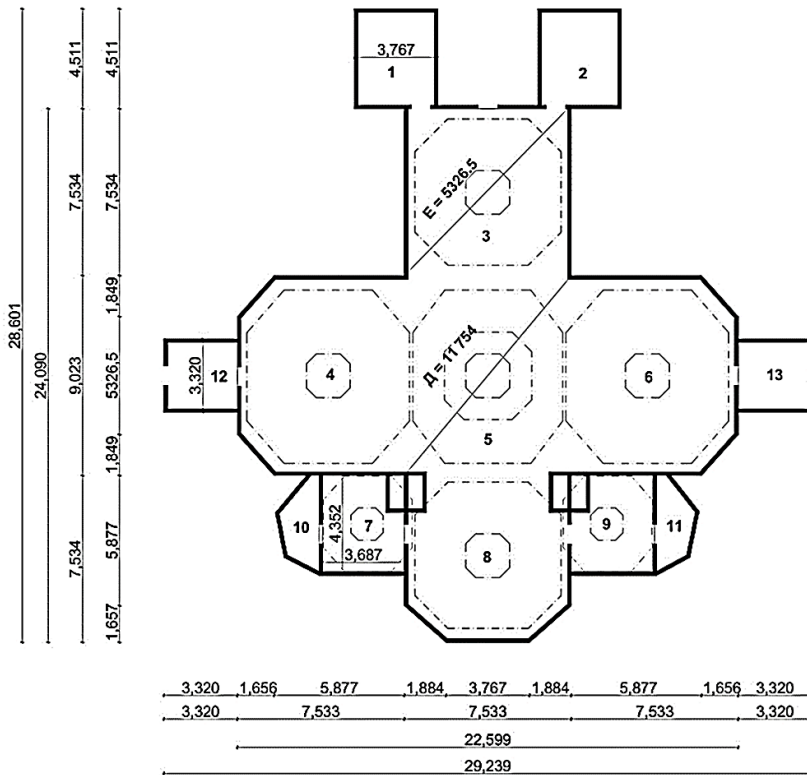


Рис. 3 – Реконструкція плану Вознесенської церкви в с. Березна. Автор С. Кухаренко: 1, 2 – ступи південний та північний; 3 – бабинець; 4, 5, 6 – південна, центральна та північна ділянки; 7 – південний малий вітвар; 8 – головний вітвар; 9 – північний малий вітвар; 10, 11 – паламарні південна та північна;

майстер використав для запобігання осідання та різкому деформуванню кутів основних зрубів. Завдяки цим допоміжним і, ми вважаємо, на той час новітнім конструктивним засобам, осідання та деформації кутових перерізів були майже непомітними.

Головний вітвар восьмигранний в плані трохи витягнутий по лінії схід – захід. Східна і західна грані залому вітваря при підшві утворюють напружену криву. Паламарня в плані – нерівносторонній шестигранник. Центральна ділянка в плані прямокутник з відношенням сторін 4:5.

За цими описами, навіть не бачачи самої церкви, вже виникає яскраве уявлення про те, наскільки унікальною є будівля та з яким натхненням бажанням та любов'ю вона була зведена майстром.

На рис. 5 наведено креслення фасадів дерев'яного храму Вознесіння Господнього, виконаних авторами роботи за даними пропорцій будівлі церкви, виміряних С.А. Таранушенко. Відтворення креслень можна вважати початком віртуальної реставрації втраченої пам'ятки. Надалі планується створення 3D модельної візуалізації Вознесенської церкви – перлини монументальної дерев'яної архітектури Придесення.

Для побудови храмів народними майстрами здавна застосовувалися закони сакральної геометрії. В плані Вознесенської церкви застосовані шестикутники, квадрати і прямокутники. Взаємозв'язки розмірів усіх частин планів будови прості, ясні, чіткі та складаються в особливий ритм. Хори збільшують площу церкви, поліпшують її акустику. Внутрішній об'єм будівлі відіграє роль резонатора.

Довжина і ширина центральної ділянки побудована з відношенням сторін 5:4. У восьмигранника довжина дорівнює ширині, тому південним і північним граням наданий кут 51-55 градусів.

В кутках, де сходяться зруби головного і південного вітварів, та головного і північного вітварів майстер при побудові церкви заклав додаткові невисокі (3-5 м) квадратні в плані 1,5x1,5м зрубики (рис. 4). Такий метод

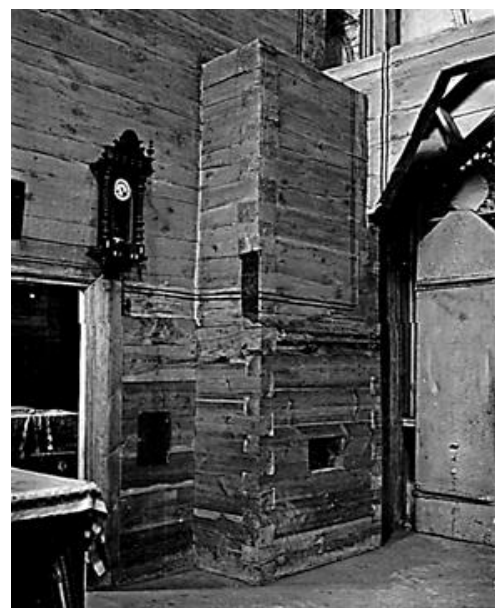


Рис. 4 – Зрубик на межі головного і північного вітварів. (фото 1928 р.) [1]

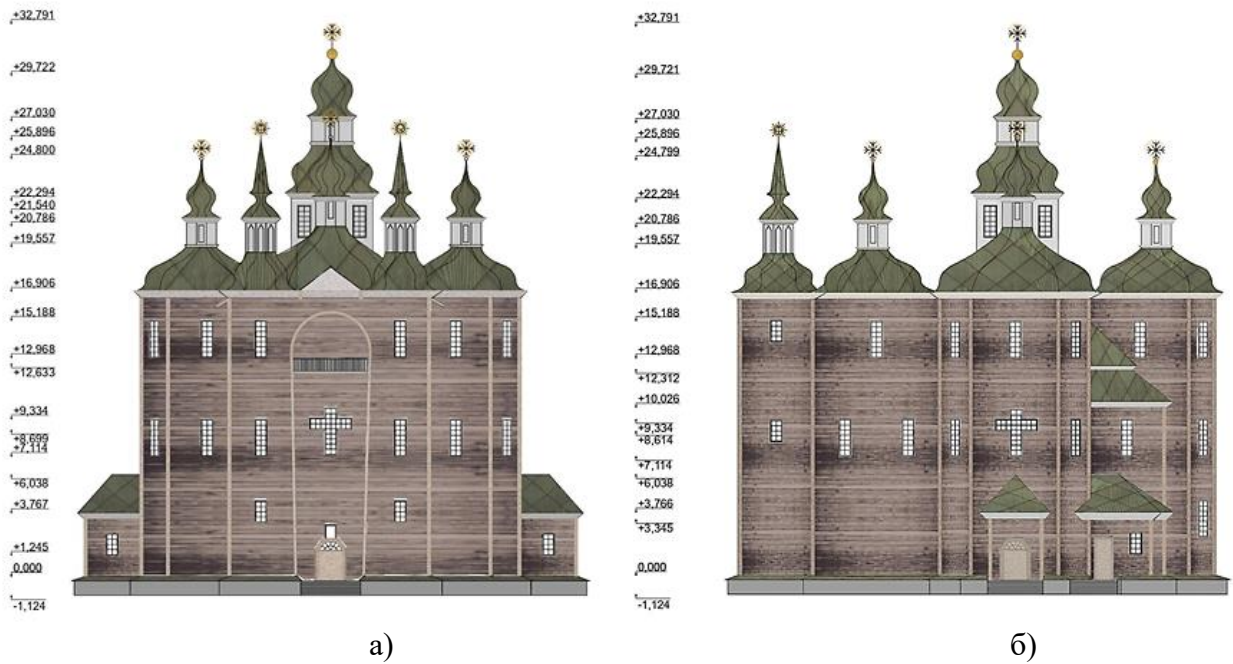


Рис. 5 – Відтворені архітектурні креслення фасадів Вознесенської церкви. Автор К. Землянська: а – західний фасад; б – південний фасад

Дослідження архітектурної композиції Церкви Вознесіння показали, що вона побудована в традиційному народному дерев'яному стилі з елементами козацького бароко. Всі конструктивні розміри будівлі пропорційно пов'язані між собою. На відміну від інших аналогічних храмів церква має ряд відмінностей і особливостей, що вигідно відрізняють її від інших храмових споруд Лівобережної України зведених в середині XVIII століття. Структура та композиція об'ємів церкви гармонійно ув'язувалася з рішеннями інтер'єрів. Будівля храму чітко і виразно сприймалася просторово з будь-якої точки. Архітектурні форми, їх сполучення були врівноважені, гармонійно-спокійні, величаві.

Відтворення втрачених шедеврів української дерев'яної монументальної архітектури не тільки на Чернігівщині, але й по всій Україні є вкрай важливою архітектурно-дослідницькою роботою, оскільки відновлення історичної пам'яті та національної ідентичності можливо тільки через вивчення об'єктів культурної спадщини – свідків становлення та розвитку української нації.

#### Список посилань

1. Таранушенко С.А. Монументальна дерев'яна архітектура Лівобережної України. / С.А. Таранушенко. – К.: Будівельник, 1976. –336 с.
2. Таранушенко С.А. Дерев'яна монументальна архітектура лівобережної України. Повна редакція / Стефан Таранушенко ; передне слово С.І. Білокінь; передм., наук. ред., додатки В.В. Вечерський; упоряд., прим. О.О. Савчук. — Харків: видавець Савчук О.О., 2014. – 896 с. ; 1033 іл. – Серія «Слобожанський світ». випуск 8.
3. Суспільне. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://suspilne.media/182268-kozacke-baroko-ak-ukraina-pereosmysluvala-evropejsku-arhitekturu/>.



УДК 72.01

Кужель І.Є., асистент патентного повіреного, мистецтвознавець,  
м. Луцьк, [volpatent@gmail.com](mailto:volpatent@gmail.com)

## НЕРОЗРИВНИЙ ДУЕТ СЬОГОДЕННЯ – АРХІТЕКТУРА МІСТ ТА РЕКРЕАЦІЙНІ ЗОНИ

Вже наприкінці минулого століття перед мешканцями блакитної планети Земля постала багатоаспектна проблема за назвою екологія, ось чому суттєво актуалізується зв'язок архітектури та природи. Архітектура сьогодення стрімко набуває розвитку за екологічною парадигмою, виявляючи нові форми і напрямки: «зелена», органічна, лендформна. Архітектурна забудова міст повинна передбачати не лише будівництво будинків, споруд, але й наявність рекреаційних зон. Сучасне містобудування утворює об'єкти різноманітної функціональної спрямованості, об'єднаної єдиним творчим задумом: загальною просторовою композицією міста та організацією обслуговування користувачів.

Думку французького архітектора Ле-Корбюзє [1, с. 6-12], у тому сенсі, що сучасна інфраструктура міст повинна базуватися на тріаді: «праця – відпочинок – проживання», автори цілком схвалюють. В наш час слід звернути увагу на те, що проживання у великих містах характеризується надзвичайно високим темпом, і потребує від їх мешканців постійно підтримувати в належному стані фізичні і моральні сили, які неминуче втрачаються внаслідок інтенсивної праці і впливу негативних чинників (більш забруднене середовище, у порівнянні з іншими територіями, велика щільність населення, значний рівень шуму і т.ін.) у таких містах. Тому сучасне життя мешканців великих міст неможливо уявити без періодичного відпочинку. [2, с. 62-63]

Через агресію РФ та поширення зони вірусних хвороб в Україні майже унеможлиблюється відпочинок людей на власних та іноземних курортах, тому надзвичайну актуальність придбала організація рекреаційних зон у містах. У співавторстві розроблено проект дизайну зони відпочинку з невеличким штучним водоймищем, яке переважно повинно бути розташоване у житлових комплексах міст, відстань до натуральних водоймищ яких є достатньо великою.

Отже, проект включає створення водоймища, що складається з відкритого басейну з двох відокремлених частин: неглибокої для дітей та глибокої для дорослих. Пляжна ділянка водоймища має чотирикутну огорожу, три кути якої споряджені кабінами для переодягання, а у четвертому куті розташований біотуалет. Огорожа виконана у вигляді габіонових коробів з металевими кріпильними стійками. Зручність користування рекреаційною спорудою для відвідувачів полягає у тому, що кабіни для переодягання виконують у вигляді зсувних декорованих рулонних штор, які розміщені у підвищених поряд з кутами огорожі циліндричних тубусах та висуюються крізь щілинний отвір в них для користування. Кабіни споряджують також гачками та полчками для особистих речей користувачів. Для власників рекреаційних зон зручність полягає у тому, що у непляжний період року обладнання рекреаційної зони є знімним і зберігається у сховищах, не займаючи в них багато місця. Крім того, зовнішня сторона огорожі може слугувати місцем для розташування реклами.

Рекреаційні зони у сучасних населених пунктах повинні виступати невід'ємним фактором розширеного відтворення фізичних, інтелектуальних та емоційних сил людини. Рекреація має важливе значення як для окремого індивідуума, так і для держави у цілому. Ця обставина повинна бути неодмінно врахована, тому що населення є головним елементом продуктивних сил суспільства.

Аналізуючи реальний стан архітектурно-будівельного сектору містобудування та коливання об'ємів замовлень в залежності від пори року можна зробити висновок, що перспективними методами підтримки стабільності діяльності виконавців будівельних робіт

є диверсифікація на основі поширення послуг з будівництва об'єктів малої архітектури з їх оздобленням в мережі ландшафтної дизайну.

Згідно з сутністю проекту підготовлена заявка для патентування промислового зразка.

#### Список посилань

1. Вавилонська Т.В. Принципи проектування туристсько-рекреаційних комплексів в умовах вільної економічної зони / Т.В. Вавилонська, Ю.В. Салейкіна // Вісник СГАСУ. Містобудування та архітектура. – 2014. – № 2 (15). – с. 6-12.

2. Погасій С.О., Кемпінги як джерело доходів територіальних громад навколо великих міст. / С.О. Погасій // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Форми і методи державного регулювання національної економіки», м. Дніпро, 26.06.2021 р. – с. 62-63.

УДК 623.6

**Сахно Є.Ю., докт. техн. наук, професор**  
**Терещук О.І., канд. техн. наук, професор**  
**Коваленко С.В., канд. пед. наук, доцент**

Національний університет «Чернігівська політехніка», [evsakhno@ukr.net](mailto:evsakhno@ukr.net)

### ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ОБ'ЄКТІВ, ЩО РУХАЮТЬСЯ

Проблема застосування глобальних систем супутникової навігації для визначення координат рухомих об'єктів є актуальною та перспективною в області моніторингу та дистанційного зондування земної поверхні. На даний час навігаційні системи мають досить широкий спектр застосування практично у всіх галузях господарства України. Розвиток та розповсюдження сучасних систем супутникового моніторингу та визначення координат досліджуваного об'єкту тісно пов'язані із підвищенням точності позиціонування та достовірності прийнятих навігаційних даних. В даний час для вирішення поставленої задачі широко використовуються сервіси GPS, завданням яких є відстеження маршрутів та координат спостережуваних об'єктів з метою їх збереження, подальшого аналізу та обробки, а персональний GPS-моніторинг з обробкою великої кількості навігаційних даних становиться звичайною процедурою в життєдіяльності людини.

Основні питання, які потребують уваги при навігаційно-часовому забезпеченні наступні:

- гарантоване надання навігаційних послуг в умовах впливу природних, штучних і навмисних перешкод;
- гарантоване надання навігаційних послуг у різних умовах і середовищах (у будівлях і спорудах, під землею, під водою);
- оперативне сповіщення споживача про порушення цілісності радіонавігаційних полів;
- забезпечення споживачів сучасною геопросторовою інформацією через систему ширококутового доступу;
- надання споживачам послуг високоточного визначення місцезнаходження в реальному часі.

Математична постановка завдання траєкторної оцінки за даними далекомірних систем спостереження за своєю природою є нелінійною, тому що у системах управління рухомим об'єктом обробка траєкторної інформації для наступного розв'язання завдань, пов'язаних з керуванням ПС, виконується в прямокутній системі координат, що функціонально зв'язано з первинними вимірами далекомірних систем спостереження нелінійними співвідношеннями.

У сучасних навігаційних супутникових системах використовуються різні, як правило національні, системи координат (табл. 1). Пріоритети й напрями підготовки держави до захисту національних інтересів вимагають вирішення різного роду військових та громадських завдань, які неможливо вирішити без використання космічних технологій, а

саме відповідного навігаційно-часового забезпечення за рахунок використання глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) [1,2]. Космічні технології дають змогу з високою вірогідністю вирішувати наступні військові завдання: оцінювати характеристики точності озброєння під час випробувань і застосування модернізованих і перспективних систем, оперативно приводити системи озброєння в готовність до застосування; точно визначати координати об'єктів під час спільних дій у коаліційних угрупованнях; забезпечувати точні оперативні цілевказівки, нанесення крапкових ударів з мінімізації супутніх руйнувань; організація віртуальних полігонів і зниження витрат під час бойової підготовки підрозділів, впровадження диспетчерських інформаційних технологій та інформаційних систем (розвідки, навігації, систем зв'язку та передачі даних) [3].

Таблиця 1 – Національні системи координат

Навігаційна система	Система координат
Система координат GPS	WGS-84 (World Geodetic System) ПЗ-90
Система координат ГАЛІЛЕО	GTRF (Galileo Terrestrial Reference Frame)
Система координат БЕЙДОУ	CGCS2000 (China Geodetic Coordinate System 2000)
Система координат QZSS	JGS (Japanese geodetic system)
Система координат NavIC	WGS-84 (World Geodetic System)

Використання глобальних супутникових навігаційних систем знаходить все більше можливостей у застосуванні для визначення місцезнаходження в системах відслідковування рухомих об'єктів. Стрімкий розвиток та розповсюдження сучасних систем супутникового моніторингу тісно пов'язані з підвищенням достовірності та точності отримуваних навігаційних даних. Навігаційні системи в області моніторингу місцезнаходження рухомих об'єктів мають досить широкий спектр застосування у будь-якій області корисній для користувача. Використання засобів обробки навігаційних даних в складних моніторингових системах дозволяє зменшити обсяг інформації, що передається, та підвищити точність позиціонування [4].

Таким чином, встановлено, що останнім часом все більша кількість країн світу проявляють свій власний інтерес до створення навігаційних систем глобального позиціонування власного виробництва. Причиною для таких стрімких та істотних змін стає прагнення, котрі викликані бажанням отримати повну картину положення об'єкту в просторі та часі з використанням системи супутникової навігації. Також важливим аспектом є проблеми, які торкаються питання визначення точності місцезнаходження досліджуваного об'єкту, що залежатиме від різних факторів, а саме: тривалості сеансів спостережень, відстаней між приймачами, типу приймачів, зміни кута відсічки, різних типів ефемерид, тощо. Все ці аспекти дають змогу встановити основні параметри методики супутникових спостережень, які встановлюють їхню точність, визначають актуальність подальших досліджень, дозволяють формувати пріоритетні напрямки та сформулювати і обґрунтувати завдання, які необхідно виконати для вирішення поставлених завдань.

#### Список посилань

1. Баран П.І., Чернокін В.Я. Визначення тривалості GPS-спостережень в геодезичних мережах // Вісник геодезії та картографії. – 2004. – №2. – С.12–15.
2. Боровий В.О. Технологія координатного перетворення та трансформування при геодезичних та землевпорядних роботах/ Боровий В.О., Зарицький О.В., Кінь Д.О. // Новітні технології. – 2017. – випуск 2(4). – С. 15-20.
3. Шмаль С.Г. Довідник з військової топографії. / Шмаль С.Г. – К.: РВЦ ЗСУ ВКНУ імені Тараса Шевченка, 2016. – 119 с.

4. Васильєв В.М. Точність алгоритмів траєкторної оцінки за даними далекомірних систем спостереження при різних способах ліанерізації / Васильєв В.М., Науменко К.В.// Вісник Національного технічного університету України "КПІ", Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2012. – №51. – с. 77-87.

УДК 666.96

**Скрипник В.Л., аспірант**

Київський національний університет будівництва та архітектури,  
skrypnyk.vladyslav@gmail.com

## **ПОРІВНЯННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУМІШЕЙ ДЛЯ САМОВИРІВНЮЮЧИХ ПІДЛОГИ НА ГПСОВІЙ ОСНОВІ ЯКІ ПРЕДСТАВЛЕНІ НА РИНКУ УКРАЇНИ**

У сучасному будівництві, самовирівнюючі полімерні суміші широко використовуються для утворення рівних поверхонь перед покриттям підлоги. Ці суміші зазвичай складаються з традиційних в'язучих, наповнювачів та добавок, які забезпечують необхідні фізико-механічні властивості. Проте, існують певні проблеми, які можуть виникати при застосуванні таких сумішей, наприклад, нестача міцності та стійкості до руйнування.

Одним з можливих шляхів покращення характеристик самовирівнюючих сумішей є додавання в суху суміш фібри-відрізків базальтового волокна. Базальтове волокно є екологічно чистим матеріалом, який має високу міцність та стійкість до впливу різних факторів. Його додавання може підвищити стійкість та знизити стираний підлог з самовирівнюючих сумішей, що робить їх більш ефективними у використанні.

Метою даного дослідження є порівняння основних характеристик двох типів самовирівнюючих полімерних сумішей українського виробництва та їх покращення за допомогою додавання базальтового волокна. В результаті дослідження буде отримано інформацію щодо покращення міцності та стійкості до руйнування самовирівнюючих сумішей, що може бути корисним для будівельної галузі. У даній роботі порівнювали дві самовирівнюючі полімерні суміші для підлогових покриттів: Будмайстер Д-319 та Полімін ТП-5 представлених на ринку України.

*Результати дослідження.* Базальтове волокно використовується як армуючий матеріал у багатьох галузях, включаючи будівництво. Додавання базальтового волокна до самовирівнюючих сумішей для підлог може поліпшити їх міцність на вигин та стискання, зносостійкість та інші характеристики.

Було визначено оптимальну кількість базальтового волокна для додавання у самовирівнюючі суміші. В експериментах було використано базальтове волокно довжиною в 12 мм в наступних пропорціях:

- Пропорція 1: 7.5 грам на 1500 грам суміші (0.5% від маси суміші)
- Пропорція 2: 15 грам на 1500 грам суміші (1% від маси суміші)

Дані практичних досліджень двох сумішей показали наступні результати.

1. Будмайстер Д-319 (рис. 1, а):

- Розтікання суміші: 180 мм.
- Час тужавіння: 4 години 30 хвилин.

2. Полімін ТП-5 (рис. 1, б):

- Розтікання суміші: 178 мм
- Час тужавіння: 1 година 10 хвилин

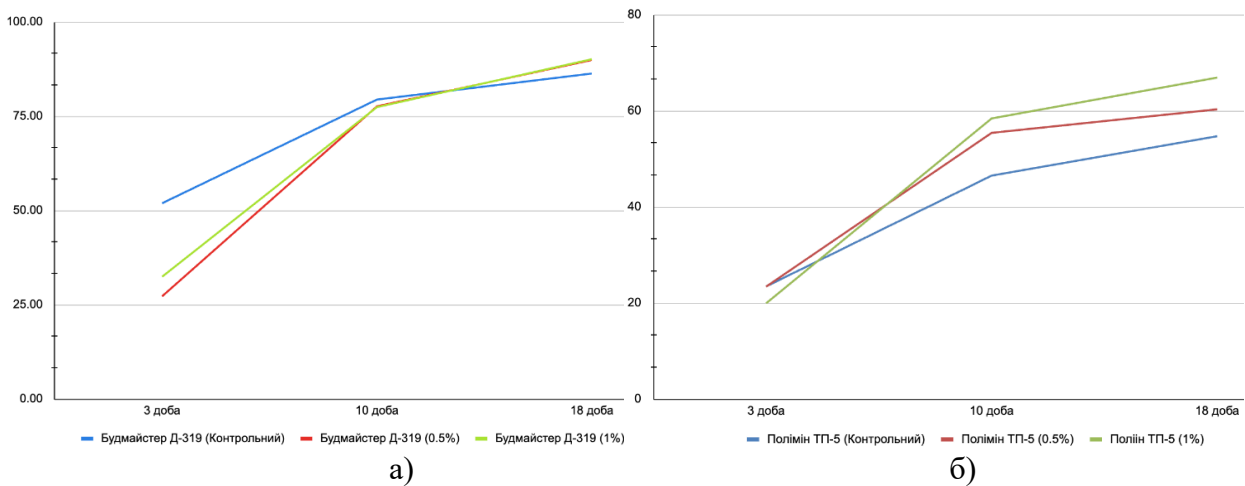


Рис. 1 – Результати дослідження будівельних сумішей: а – Будмайстер Д-319, б – Полімін ТП-5

**Висновки.** За результатами дослідження можна зробити висновок, що додавання базальтового волокна значно покращує міцність на стискання як Будмайстера Д-319, так і Поліміна ТП-5. Проте, Будмайстер Д-319 має вищу міцність на стискання, коли додається 0,5% та 1% базальтового волокна, порівняно з Поліміном ТП-5. Також, виявлено, що з часом міцність на стискання зростає, і це показчик того, що обидві суміші є досить стійкими до дії зовнішніх факторів.

З цих досліджень можна зробити висновок, що додавання базальтового волокна може бути корисним для покращення міцності на вигин підлогових покриттів, проте кількість волокна, що додається, потрібно вибирати залежно від конкретної суміші та способу її застосування

#### Список посилань

1. Довідник по ринку матеріалів для внутрішнього облаштування та оздоблення приміщень (за даними 2015 р.). За заг. ред. к.т.н., проф. П.В. Захарченка. КНУБА. – К.: СПД Павленко, 2016. – 260 с.
2. Захарченко П. В. Ринок будівельних матеріалів України. / Захарченко П. В., Гавриш А. В., Онопрієнко В. В., Іванченко Ю. // Сучасні енергоефективні стінові будівельні матеріали: визначення проблеми та дослідження. Матеріали 19-ї Міжнародної конференції з будівельних матеріалів IBAUSIL. Веймар, 2015. – Том 2. – с. 1491 - 1496.
3. ДСТУ 3993-2000. Товарознавство. Терміни та визначення.
4. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.
5. Про затвердження Єдиного класифікатора житлових будинків залежно від якості житла та наявного інженерного обладнання. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. Наказ No 215 від 30.09.1998 р.
6. Класифікатор житла. – Українська Будівельна Асоціація. Київ, 2006. – 33 с.

УДК 69.059:624.15

**Корзаченко М.М., канд. техн. наук**

Національний університет «Чернігівська політехніка», korzachenko\_87@stu.cn.ua

## ІНЖЕНЕРНИЙ ЗАХИСТ ПІДЗЕМНИХ КОМПЛЕКСІВ ВІД ВПЛИВУ ШКІДЛИВОЇ ДІЇ ВОДИ

Збереження підземних комплексів досить складна задача. Незважаючи на велику кількість різних підземних приміщень (підвали, погребі, переходи, тунелі, паркінги, сакральні споруди, тощо) їх стан залишає бажати кращого. Окрім цього існує велика кількість історичних підземних комплексів, більшість з яких знаходиться в аварійному або занедбаному стані і лише невелика частина використовується в якості музейних комплексів,

або за певним функціональним призначенням (як приклад можна навести Антонієві печери в Чернігові, або печери Києво-Печерської лаври в Києві, тощо).

На території України постійно виявляють нові історичні підземні об'єкти, які потребують значної уваги [1]. Проте споруди, які виявляються археологами, за браком коштів, в найкращому випадку консервуються. Зокрема виявлені значні підвальні приміщення Петропавлівської церкви з трапезною Єлецького Свято-Успенського монастиря в Чернігові після розкопок і досліджень були законсервовані [2].

Окрім цього, зведення сучасних підземних комплексів продиктовано вимогами сьогодення, щодо захисту від ворожих обстрілів.

Ускладняється експлуатація таких об'єктів, ще і геологічним середовищем, особливо в щільних міських умовах. Окрім того, що таку територію представляють переважно ґрунти техногенного походження, вони ще і періодично підтоплюються за рахунок втрат водогонів, засмічення водозливів, збільшенням асфальтних покриттів і створенні надлишкових площ зібрання дощових вод.

Незважаючи на актуальність даної проблематики і створення не лише окремих праць на дану тему [3, 4], але і проведення спеціалізованих конференцій з залученням провідних фахівців в даній області [5, 6, 7], багато питань залишається не вирішеним. Зокрема, як покращити конструктивні елементи підземної споруди не лише з середини об'єкту, але і з зовні, там де кам'яна кладка контактує з ґрунтом. Це досить складна задача, особливо при значній глибині об'єкту, і неможливості їх розкопування.

Звичайно, що вирішення цієї проблеми може полягати у застосуванні спеціальних захисних екранів типу стін у ґрунті [8, с. 356], або буроін'єкційних елементів [9] та інших інженерних рішень. Проте такі заходи іноді просто неможливо виконати, зокрема в тих випадках, де на поверхні вже існує розвинута забудова і фізично неможливо використати навіть малогабаритне обладнання чи пристосування. Також досить важко виконати дренажні системи, які потрібно виконати не лише навколо об'єкту, але і відвести зібрану вологу у певне місце. В такому разі можливо застосувати спеціальні гідробар'єри, виконуючи роботи з середини підземних приміщень, використовуючи малі механізовані системи (рис. 1). Суть методу полягає в створенні отворів по контуру конструкції, в які вставляють пакери (спеціальні пристрої, по яким закачується розчин або суміш).

При обранні даного методу особливу увагу треба звертати на ін'єкційні розчини, які можуть бути застосовані в таких випадках, адже нагнітання цементного розчину може бути використане для підсилення підземної конструкції, проте такий захист не створить гідроізоляційної оболонки навколо об'єкту. В якості гідроізоляційного захисту рекомендується використовувати смоли та розчини на основі силікатів.

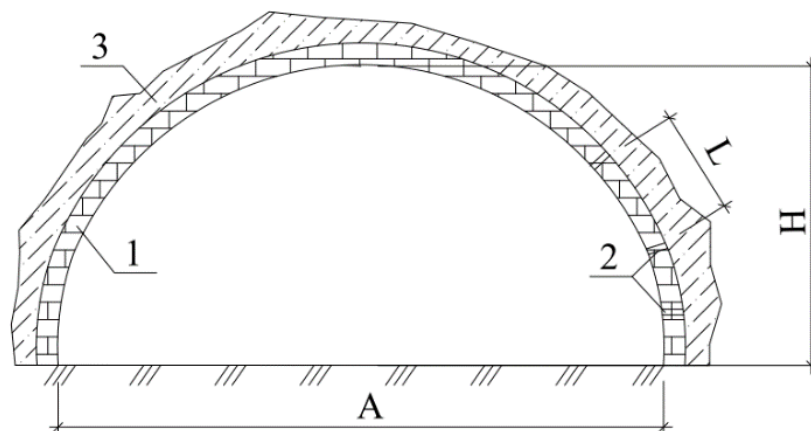


Рис. 1 – Влаштування захисту підземного приміщення ін'єктуванням з середини: 1 – існуюча конструкція; 2 – ін'єктори, через які нагнітають розчин, з кроком  $L$ ; 3 – створена захисна оболонка



Звичайно такі роботи є досить складними у виконанні та потребують певних розрахунків, зокрема перевірки міцності існуючої конструкції та її незмінності під час зміни фізичних властивостей ґрунтового середовища, що може призвести до збільшеного тиску на конструкцію. Але такий метод допомагає створити монолітну безшовну оболонку.

#### Список посилань

1. Виявлена в центрі Звягеля на Житомирщині підземна споруда датується XVI-XVIII ст. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-culture/3694749-viavlenua-v-centri-zvagela-na-zitomirshini-pidzemna-sporuda-datuetsa-xvixviii-st.html>
2. Про архітектурно-археологічні дослідження залишків Петропавлівської церкви XVII ст. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://oldchernihiv.com/pro-arhitekturno-arheologichni-doslidzhennya-zalyshkiv-petropavlivskoyi-tserkvy-hvii-st/>
3. Проблеми збереження підземних сакральних пам'яток (на прикладі печерних комплексів Києво-Печерської лаври) / І.А. Черевко // Сіверщина в історії України: Зб. наук. пр. – К.: Глухів, 2017. – Вип. 10. – С. 34-37.
4. Pankratova N. Problems of Megapolises Underground Space System Planning/ N.Pankratova, G. Gayko, V. Kravets, I. Savchenko// Journal of Automation and Information Sciences. – Volume 48, Issue 4, 2016, pp. 32-38.
5. Проблеми збереження та використання історичних підземних комплексів в умовах негативних техногенних впливів : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ - Чернігів, 26-27 жовт. 2017 р.) / [редкол.: О. В. Рудник та ін. ; упоряд. І. А. Черевко] ; Нац. Києво-Печер. іст.-культур. заповідник, ICCROM Ukraine, Нац. заповідник "Чернігів стародавній". – Київ : Фенікс, 2018. – 243 с.
6. Методи реставрації пам'яток історії і культури в складних інженерно-геологічних та сейсмічних умовах : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., (Київ, 25-26 жовт. 2018 р.) / [упоряд.: А. Є. Антонюк ; редкол.: О. В. Рудник (голова) та ін.] ; Нац. Києво-Печер. іст.-культур. заповідник [та ін.]. – Київ : Фенікс, 2018. – 155 с.
7. Реставрація пам'яток архітектури в умовах високого рівня ґрунтових вод та підвищеної вологості інтер'єрів : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 24-25 жовт. 2019 р.) / [редкол.: О. В. Рудник та ін. ; упоряд. А. Є. Антонюк] ; Нац. Києво-Печер. іст.-культур. заповідник. – Київ : Фенікс, 2019. – 139 с.
8. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев, О.О. Петраков, В.Б. Швець, О.В. Школа, С.В. Біда, Ю.Л. Винников. – Полтава: ПНТУ, 2004. – 568 с.
9. Зоценко М.Л. Проект технічних умов на проектування та влаштування роз'єднувальних екранів з ґрунтоцементних елементів, виготовлених бурозмішувальним методом / М.Л. Зоценко, А.В. Веденісов // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Полтава: ПНТУ, 2017. – Т. 1 (40). – С. 248-258.

УДК 624.012.4

**Данич Д.І., аспірант**  
**Павліков А.М., докт. техн. наук, професор**  
Національний університет «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка»,  
danychdm@gmail.com

### **ВИПРОБУВАННЯ ФІБРОЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗРАЗКІВ КОЛОН ЗА МІЦНІСТЮ ПРИ КОСОМУ СТИСКАННІ**

Останнім часом у будівельній галузі зростає інтерес до використання базальтової фібри в залізобетонних конструкціях. Через це виникає потреба в проведенні досліджень щодо міцності та несучої здатності конструкцій, виготовлених з цього матеріалу.

У цій роботі описано методику проведення досліджень, спрямованих на експериментальне визначення несучої здатності колон, виготовлених з дисперсно армованого залізобетону з використанням базальтової фібри.

Для порівняння характеристик, всі експериментальні зразки були згруповані у три серії. Перша серія, позначена як КЗ-1, включала залізобетонні колони з важкого бетону класу С20/25, армовані робочою арматурою діаметром  $\varnothing 12$  класу А500С та поперечною арматурою діаметром  $\varnothing 4$  класу А2400С. Друга і третя серії, позначені як КФЗ-1 і КФЗ-2 відповідно, включали залізобетонні колони з важкого бетону класів С20/25 та С25/30 з додаванням базальтової фібри. В цих серіях було внесено базальтову фібру у кількості 0,2% від об'ємного вмісту бетону. Колони були армовані робочою арматурою діаметром  $\varnothing 12$  та  $\varnothing 10$  класу А500С, а також поперечною арматурою діаметром  $\varnothing 4$  класу А240С. Усі дослідні зразки колон мали прямокутну форму перерізу розміром 120×120 мм.

У всіх серіях колон кут  $\beta$  нахилу зовнішньої силової площини до вертикальної площини симетрії перерізу прийнято однаковим.

Для отримання фізико-механічних характеристик фібробетону та арматури передбачено випробування [1, 2] стандартних зразків цих матеріалів.

Виготовлення залізобетонних та фібрзалізобетонних зразків колон здійснюється в лабораторії кафедри будівельних конструкцій "Полтавської політехніки ім. Юрія Кондратюка". Для цього використовується бетонозмішувач об'ємом 80 літрів. Бетонна суміш складається з портландцементу марок 350 та 400, гранітного відсіву фракції 5-8 мм, води та базальтової фібри діаметром 12 мм (18 мкм). Ущільнення бетонної суміші забезпечується глибинним вібратором.

Протягом 28 днів зразки колон будуть зберігатись в опалубці при нормальних умовах твердіння.

Перед випробуванням дослідних зразків планується наклеїти тензорезистори базою 50 мм на бетонну поверхню колон посередині (в зоні можливого руйнування).

На кожному стержні робочої арматури планується розмістити по 2 тензодатчики базою 20 мм для вимірювання її деформацій під час випробувань.

Для випробування колон на косий стиск буде використовуватись гідравлічний прес ПГ-125. Перед початком випробувань колона буде розміщена на опорній плиті преса відповідно до розробленої схеми (рис.1). Для створення косоного стиску в дослідних зразках зусилля  $N$  буде прикладатись у верхній частині колон через сферичний шарнір. Перед початком випробувань будуть повністю забезпечені всі вимоги щодо тарування показів преса.

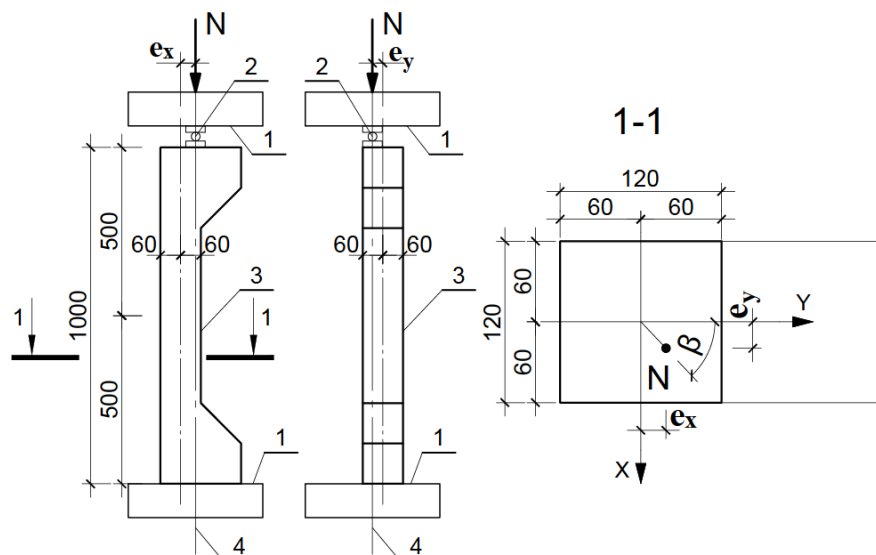


Рис. 1 – Схема завантаження зразка колони: 1– плити преса; 2 – шарнір; 3 – дослідний зразок колон; 4 – вісь преса;  $\beta$  – кут нахилу зовнішньої силової площини;  $e_x$  та  $e_y$  – ексцентриситети прикладання навантаження

Випробувальне навантаження  $N$  на зразок буде передаватись за допомогою верхньої рухомої плити преса зі сталою швидкістю. Ступені завантаження не перевищуватимуть 10% від розрахункового значення передбачуваного зусилля руйнування.

У процесі випробування зразків застосовуватиметься автоматичний вимірвач деформацій бетону та арматури АИД-2М.

На кожному ступені завантаження передбачено здійснення ретельного огляду поверхні граней колон, фіксування в журналі випробувань відліків за всіма тензодатчиками, а також зберігання інформації про значення навантаження, про появу тріщин та їх ширину розкриття. Ширина розкриття тріщин вимірюватиметься мікроскопом МПБ-2 з ціною поділки 0,05 мм, а також шаблоном, котрим контролюється ширина розкриття тріщин.

За допомогою цієї методики планується повністю визначити вплив пріоритетних факторів на експериментальні значення характеристичних деформацій найбільш стиснутої фібри перерізу.

#### Список посилань

1. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – К. Мінрегіонбуд, 2010.
2. ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 10 с
3. Методические рекомендации по расчету внецентренно сжатых и изгибаемых элементов из базальтофибробетона / А.Н. Бамбура, С.С. Вагагин, П.В. Рожков // Научно-исследовательский институт строительных конструкций Госстроя СССР (НИИСК) — Киев, 1988.

УДК 691

**Захарченко П.В., канд. техн. наук, професор**  
**Назарчук Н.В., аспірант**

Київський національний університет будівництва і архітектури, tkd362pz@gmail.com

### **ФОРМУВАННЯ РИНКУ СТІНОВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ УКРАЇНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ**

Дрібноштучні елементи – керамічна цегла витісняється більш технологічними та енергоефективними блоками з газобетону.

Об'єм виробництва цегли скоротилися з 9 млрд.шт. умовної цегли у 1990 році до 700 млн. умовної цегли в 2020 р., а виробництво блоків з газобетону зросло з 400 тис м<sup>3</sup> до 3,7 млн. м<sup>3</sup> (в перерахунку на умовну цеглу 3,7 млрд. ум. цегли/рік) в аналогічний період.

Сьогодні, перебуваючи в стані війни, українські підприємства з виготовлення газобетону працюють та намагаються забезпечувати країну виробами.

В післявоєнний час застосування блоків з газобетону буде як ніколи затребуване, адже це дасть можливість швидко та не дорого зводити будинки та відбудувувати інфраструктуру країни.

Через тривале падіння економіки, яке продовжувалося 10 років, виробництво АГБ в Україні з 1991 по 2000 рік скоротилося в 12 разів і склало всього 100 тис. м<sup>3</sup> в рік. По мірі зростання економіки за рахунок іноземних та українських інвесторів були введені нові потужності, і обсяг виробництва АГБ станом на 2020 рік склав трохи більше 3,7 млн. м<sup>3</sup>. На рис. 1 наведено динаміку відносних обсягів споживання АГБ в Україні на тис. чол. на рік.

За даними ВААГ його доля в структурі стінових матеріалів України в 2020 році склала 53%. Більше 50% газобетону виробляється в Київській області.

Більшість східноєвропейських країн вийшли на рівень відносних обсягів виробництва АГБ близько 100 м<sup>3</sup>/чол. на рік. У зв'язку з цим аналітики прогнозують торгові війни і посилення конкуренції на ринку АГБ.

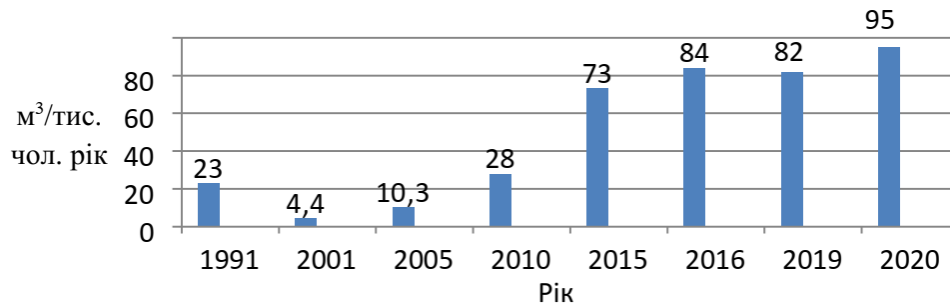


Рис. 1 – Динаміка зростання відносних обсягів споживання АГБ в Україні

Якщо прийняти до уваги стрімко зростаючі процеси урбанізації, за прогнозами ООН до 2050 року 70% світового населення буде жити в урбанізованому середовищі, і сьогоднішні дані по Україні де вже 69% населення міське, можна спрогнозувати зростання виробництва АГБ.

Світові тенденції АГБ постійно націлені на зменшення його густини та підвищення міцності. Через необхідність зниження викидів парникових газів в світі збільшується виробництво і застосування не тільки констукційно-теплоізоляційного D 400-500, але і теплоізоляційного газобетону густиною 100-200 кг/м<sup>3</sup>. На сьогодні основними виробниками теплоізоляційного газобетону в Європі є компанія «Xella» Німеччина (D100), «Аерок» Україна (D150), «BONOLIT group» (D200) Росія, «EGE Gazbeton» Туреччина (D150 - D200).

Вчені КНУБА разом з фахівцями підприємства працюють над удосконаленням технології виготовлення блоків з газобетону різної густини. Метою дослідження є отримання в одному блоці газобетону трьох різних за густиною частин: внутрішня – 150-200 кг/м<sup>3</sup>, середня – 300 кг/м<sup>3</sup> та зовнішня – 500 кг/м<sup>3</sup>.

Відповідно, міцність на стискання внутрішньої частини блоку газобетону становить 1,5 МПа, середньої – 3,3 МПа, зовнішньої – 5,3 МПа.

Особливістю нового матеріалу є те, що він може виготовлятися без застосування алюмінієвої пудри (або з значно зменшеними витратами), а замість неї використовується пороутворювач (рис. 2).



Рис. 2 – Зразок експериментального виробу отриманий по заводській технології

#### Список посилань

1. Довідник по ринку матеріалів для внутрішнього облаштування та оздоблення приміщень (за даними 2021 р.) за заг. ред. к.т.н., проф. П.В. Захарченка. КНУБА. – К.: СПД Павленко, 2016. – 133 с.
2. Офіційний сайт Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gazobeton.org/>
3. Науковий вісник будівництва, 2021, т. 103, №1 235 doi.org/10.29295/2311-7257-2021-103-1-235-243 УДК 691.327.332 Сердюк В. Р.1, Рудченко Д. Г.2
4. Захарченко П.В. Перспективи ніздрюватого бетону в Україні / П.В. Захарченко, Ю.М. Червяков, С.В. Страшук // Будівельні матеріали і виробн. – 2005. – №2.

УДК 691

Савченко О.В. докт. техн. наук, професор

Ітченко Д.М., канд. техн. наук

Гаврик О.Ю., викладач

Національний університет «Чернігівська політехніка», dimaitchenko@gmail.com

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СТАЛЕЙ COR-TEN У АРХІТЕКТУРІ І ДИЗАЙНІ СЕРЕДОВИЩА

Сталь COR-TEN (Кортен) є достатньо популярним конструкційним матеріалом, який використовується у архітектурі, ландшафтному дизайні і дизайні інтер'єрів. Назва сталі COR-TEN походить від слів «CORrosion Resistance» і «TENsile Strength», яка була вперше виготовлена і запатентована компанією US Steel під торговою маркою Cor-Ten® ще у 1933 році. У даний час «кортенівськими» сталями часто називають всі атмосферостійкі сталі, у тому числі і більш популярні «нержавіючі сталі».

Спочатку сталь COR-TEN випускалась під назвою ASTM A242, у модифікаціях Type 1 і Type 2, або CorTen A та CorTen B, які наразі широко відомі у країнах Європи під марками S355JOWP та S355JOW відповідно.

Слід враховувати, що одразу після виготовлення сталь COR-TEN виглядає як звичайна вуглецева сталь, тобто у випадку холоднокатаної сталі це світло-сірий колір і у випадку гарячекатаної сталі – темно-сірий колір, оскільки поверхня обрамлена окалиною. Тому для надання сталі характерного кольору і фактури треба щоб на ній утворилась так звана патина, для чого потрібно або забезпечити доступ до сталі атмосферного впливу, або застосовувати спеціальні хімічні речовини і реагенти, за умови використання сталі COR-TEN у дизайні інтер'єрів. Інколи цей процес називають патинуванням. Одним з прикладів використання сталі COR-TEN наведено на рис. 1.



Рис. 1 – Приклади застосування сталі COR-TEN у інтер'єрі

Перед тим як почати процес патинування необхідно виконати очищення сталі від консерваційних матеріалів, окалини і помістити її в умови сприятливі для цього, в ідеалі лишити під «відкритим небом» і через декілька днів під дією вологи і сонця патина почне з'являтися самостійно. Інтенсивність появи «іржі» дуже сильно може змінюватись в залежності від різних погодних умов і хімічного складу повітря навколишнього середовища в якому вона перебуває. В середньому стабільність оксидної плівки сталі COR-TEN досягається після декількох років нормального атмосферного впливу, за умови регулярного



чергування зволоження і висихання поверхні металу. Нижче на рис. 2 наведено приклад фактичної зміни кольору сталі з плином часу.

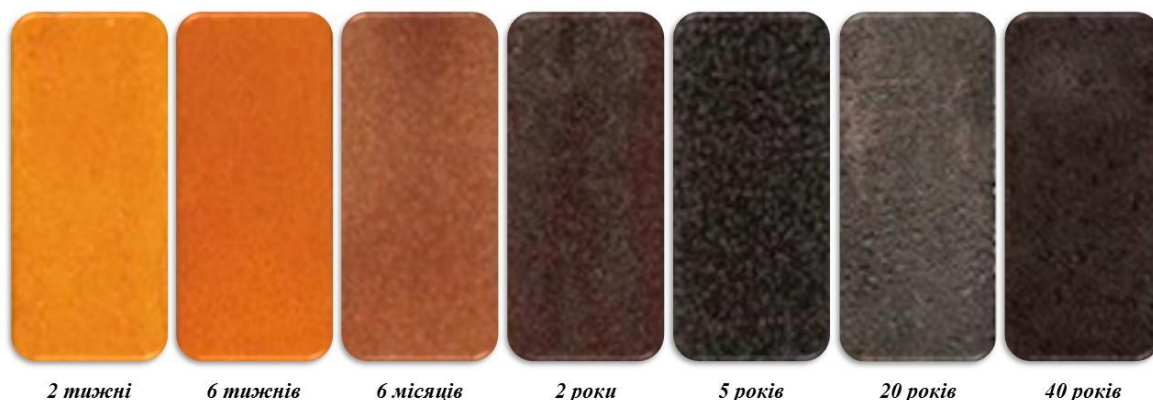


Рис. 2 – Зміна кольору сталі COR-TEN з плином часу

Як вже зазначалось раніше, процес формування патини можна суттєво прискорити використавши спеціальні хімічні розчини, але при цьому слід враховувати той фактор, що хімічна реакція буде набагато швидше протікати не тільки на поверхні матеріалу а й у глибинних шарах (під патиною), що суттєво впливає на її довговічність і корозійну стійкість. Досвід використання сталі COR-TEN показує, що через місяць оброблена попередньо хімічним розчином сталь виглядає майже так само як і необроблена. Тому, якщо замовник хоче отримати дійсно атмосферостійкий матеріал зі стабільним і однорідним, як по кольору, текстурі так і по хімічному складу, довговічний матеріал, слід застосовувати без кислотні процедури прискорення патинування. Тобто, якщо матеріал планується до використання в середині приміщень, де дія атмосферного впливу мінімальна, слід його декілька разів на день змочувати звичайною водою, щоб прискорити процес патинування.

Враховуючи той фактор, що сталь COR-TEN з плином часу досить суттєво змінює своє кольорове забарвлення, від яскраво помаранчевого до майже чорного кольору, у дизайнерів, які планують до використання даний тим матеріалу виникає логічне питання – як зупинити, чи хоча б уповільнити цей процес після того, як матеріал набув потрібного нам забарвлення? Одним із способів, і мабуть найбільш ефективним, це використати лакофарбове покриття, але при цьому слід враховувати деякі нюанси. По-перше, для того щоб дійсно процес зміни кольору зупинився повністю слід створити дуже щільний фізичний бар'єр між поверхнею патини та атмосферним впливом, що вимагає використання дуже якісних і високовартісних покриттів з нанесенням його на поверхню у декілька (понад 3) шарів. По-друге, цей процес захисту в подальшому буде вимагати постійного повторення, що саме собою буде нівелювати одну з позитивних властивостей COR-TEN-у у відсутності потреби захисту від впливу атмосфери. По-третє слід враховувати, що після обробки, наприклад навіть безбарвним матовим лаком, змінюється характерний вигляд сталі COR-TEN, патина стає суттєво темнішою і набуває матовий відтінок.

Підводячи підсумок, слід зазначити, що сталь COR-TEN добре зарекомендувала себе як матеріал, який найбільш раціональний і доцільний для використання в умовах її наближених до природніх станів, як в процесі формування кольору (без хімічним способом), так і в процесі експлуатації (без застосування ЛФП). У інших випадках доцільніше використовувати більш дешеві у виробництві марки сталей під покриття, або ж більш дорожчі корозійностійкі (нержавіючі) сталі, які не будуть вимагати послідууючого захисту від дії агресивного середовища.

#### Список посилань

1. Прокопович І.В. Металознавство: навч. пос. /І.В.Прокопович. – Одеса :Екологія ,2020. – 308с.



УДК 528.8:504.05

Гера О.В., канд. техн. наук, доцент  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
[geraoksana@gmail.com](mailto:geraoksana@gmail.com)

## ДОКУМЕНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗЛОЧИНІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВІЙНИ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕРІАЛІВ ДЗЗ

Під час війни, що триває на території України, з глибоким болем констатуємо найбільш очевидні втрати: людські життя, об'єкти нерухомості, об'єкти інфраструктури, широкий ряд номенклатури одиниць техніки. Однак, не менше жахають руйнування природного середовища. Прикрість у тому, що негативні наслідки будуть проявлятися протягом десятиліть. І оскільки довкілля не має меж (атмосфера, акваторії морів), то страждатимуть не лише українці, але й населення сусідніх держав.

З теорії права відомо, що злочини проти довкілля можуть бути визначені як передбачені кримінальним законом діяння, що посягають на довкілля та його компоненти, раціональне використання та охорона яких забезпечують життєдіяльність людини, а також на екологічну безпеку населення і територій, і полягають у безпосередньому протиправному використанні природних об'єктів або у протиправному впливі на них, що призводить до негативних змін стану та якості довкілля [1]. Очевидно, дії агресора можуть бути кваліфіковані як екологічні злочини.

Екоцид також належить до цієї групи злочинів, – це масове знищення флори і фауни, забруднення атмосфери, водних та земельних ресурсів, що може загрожувати екологічною катастрофою. Особливо тяжкою формою вважається воєнний екоцид – порушення екосистем середовища проживання людини в результаті бойових дій, які мають військову і політичну ціль. Захоплення атомних електростанцій, атаки на об'єкти промисловості та критичної інфраструктури – наочні приклади воєнного екоциду на території України.

Розглянемо що в такій ситуації можна робити вже сьогодні. У разі природного лиха потрібно якнайшвидше ліквідувати наслідки, але зараз часто доступ до локацій гранично небезпечний. Надзвичайно важливо відразу документувати всі випадки екологічних злочинів, фіксуючи фото-, відео-докази, характер та кількісні параметри завданої шкоди, її грошовий еквівалент. Ці речі необхідні для встановлення розмірів компенсації, адже винуваті рано чи пізно повинні бути покарані. А також для розроблення заходів з відновлення природних ресурсів.

Матеріали дистанційного зондування Землі можуть допомогти у документуванні екологічних злочинів, особливо якщо йдеться про райони з відсутністю фізичного доступу. За даними Міндовкілля, з початку війни постраждали третина українських лісів, 20% природоохоронних територій, 30% території забруднено боєприпасами. Використовуючи різночасові супутникові знімки, можна оцінювати стан великих ділянок сільсько- та лісогосподарського призначення, визначати площі ділянок, яким завдано шкоди. Дані супутникових спостережень, зокрема, зображення середнього просторового розрізнення із супутників серії Landsat та Sentinel є ефективним інструментом моніторингу стану угідь [2].

### Список посилань

1. Турлова Ю. А., Поліщук Г. С., Козлюк Л. Г., Пенязькова О. О. (2021). Злочини проти екологічної безпеки: проблемні питання систематизації. Ядерна та радіаційна безпека, №2 (90), 42 – 51. Doi: [https://doi.org/10.32918/nrs.2021.2\(90\).05](https://doi.org/10.32918/nrs.2021.2(90).05)
2. Зацерковний В., Тішаєв О., Шищенко О. (2016). Застосування матеріалів дистанційного зондування в завданнях моніторингу лісових пожеж і кількісного оцінювання рослинності. Наукоємні технології, Вип. № 1 (29), 42 – 47.

УДК 691.57

Гоц В.І., докт. техн. наук, професор  
Ластівка О.В., канд. техн. наук, доцент  
Мегеть В.С., аспірант

Київський національний університет будівництва і архітектури, [oles.lastivka@gmail.com](mailto:oles.lastivka@gmail.com)

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКОВИХ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ

Деревина є одним з основних матеріалів для будівництва будівель, внутрішньої обробки житлових приміщень, виготовлення різних предметів інтер'єру і виробів і т. д. Натуральна деревина - екологічно чистий матеріал, він дихає і має низьку теплопровідність. Однак він має ряд негативних недоліків, таких як анізотропія і гігроскопічність, що призводить до нерівномірного розбухання, викривлення і розтріскування виробів з деревини в процесі експлуатації, що спонукає до необхідності додаткової обробки. Тому тривалість терміну служби дерев'яних конструкцій і поверхонь залежить від того, наскільки якісно і правильно проведена їх обробка спеціальними захисними лакофарбовими матеріалами.

Основними перевагами застосування порошкових лакофарбових матеріалів є: відсутність розчинників, практично безвідходна технологія нанесення, відносна простота та економічність в процесі виробництва покриття [1]. Через ці переваги останні дослідження розширили роботу з нанесення порошкового покриття на непровідні поверхні. У рамках цього дослідження низькотемпературне затвердіння (від 120 °С до 130 °С) було застосовано до композиту МДФ на основі деревини.

Показано, що при полімеризації порошкової фарби при температурі 180 °С для необробленої деревини спостерігається поява неглибоких бульбашок та кратерів на утвореній полімерній оболонці. За даними термогравіметричного аналізу виявлено криві, які характеризують втрату маси зразка вихідної деревини з підвищенням температури внаслідок процесів дегідратації, руйнування геміцелюлози та лігніну. Через це в полімерній оболонці покриття утворюються бульбашки і кратери. Натомість для зразка термомодифікованої деревини відмічається утворення гладкої поверхні полімерної плівки, без дефектів. За результатами адгезії полімерної плівки до деревини, яка оброблена сумішшю епоксидно-поліефірної системи з функціональними добавками та температурою полімеризації 180 °С, рівень адгезії становить 2,1 МПа. Зниження температури полімеризації епоксидно-поліефірної системи з функціональними добавками до 130 °С підвищує адгезію в 1,75 рази.

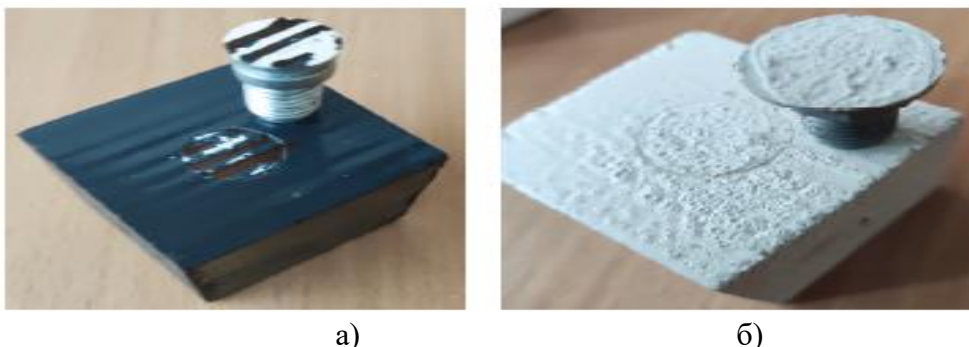


Рис. 1 – Результати адгезії полімерної плівки до деревини: а – термічно модифікована деревина; б – необроблена деревина

### Список посилань

1. Spyrou V.E. Powder Coatings - Chemistry and Technology / V.E. Spyrou // European Coatings Tech Files 3rd, 2004. – 384 p.

УДК 004.925.8

Прибитько І.О., канд. техн. наук, доцент  
Ганєєв Т.Р., канд. техн. наук, доцент  
Корзаченко М.М., канд. техн. наук, доцент  
Олексієнко С.В., канд. техн. наук, доцент  
Савченко О.В., докт. техн. наук, професор

Національний університет «Чернігівська політехніка», olenasavch15@gmail.com

## ПРОЄКТУВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ SKETCHUP

Крім технічного визначення параметричного дизайну, зазвичай стиль секційних об'єктів називають "параметричним" [1-3]. Часто такі об'єкти, як підвісні світильники, лавки та декоративні настінні світильники чи панелі мають асиметричні або унікальні органічні форми.

Однак «параметричний дизайн» за своєю суттю описує спосіб підходу до дизайну, а не обов'язково власний стиль. Це метод використання змінних, входів, виходів та налаштувань для створення унікальних дизайнів. Вони охоплюють різні галузі, від машинобудування до ювелірних виробів, графічного дизайну та багатьох інших [1]. Наприклад, в дизайні елементи параметричної форми знайшли застосування в оформленні інтер'єрів. Це різноманітні панно, стінові панелі, меблі, предмети декору тощо [2,3]. Природні плавні форми мають не тільки гарний естетичний вигляд, але й володіють певним функціоналом (рис. 1).

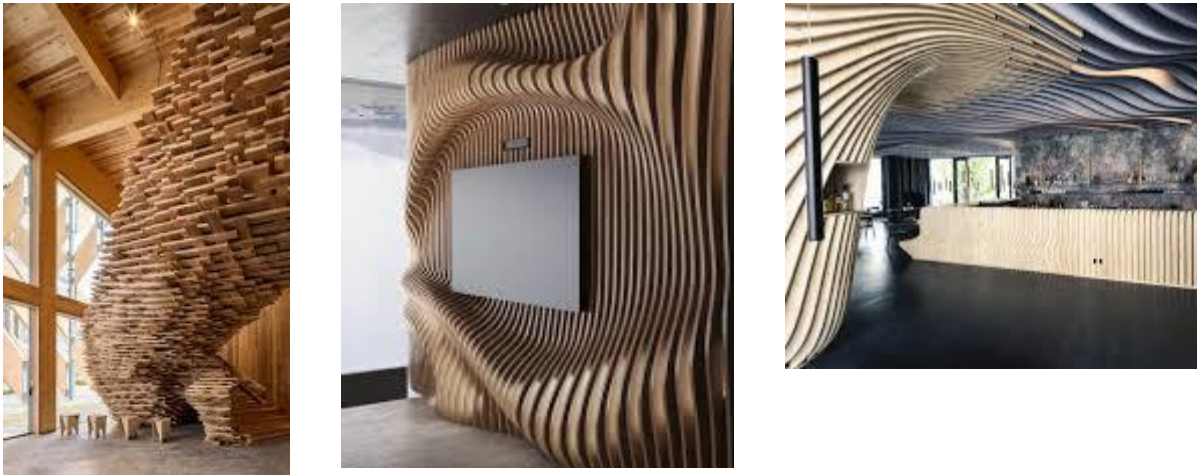


Рис. 1 – Приклади параметричних елементів в оздобленні інтер'єрів [4,5]

В даній роботі розглянуто повний цикл проєктування подібних конструкцій на прикладі елементів стінових панелей. В якості інструмента моделювання просторової конструкції обрано програмне забезпечення Sketch Up [6]. Оскільки вбудовані в програму оператори побудови геометрії не завжди дозволяють створювати складні форми, то для розширення функціоналу було застосовано додаткові плагіни []. Зокрема, було створено геометричну модель просторових кривих за допомогою плагіну Bezier and Spline curves, по отриманим кривим створено поверхню (Curviloft) і надано їй товщину (JointPushPull). Після цього, до отриманої поверхні застосовано плагін Slicer з метою створення шарів заданої товщини, що розташовані на потрібній відстані один від одного.

Послідовність формоутворення та формозмінення за допомогою плагінів наведено на рис. 2.

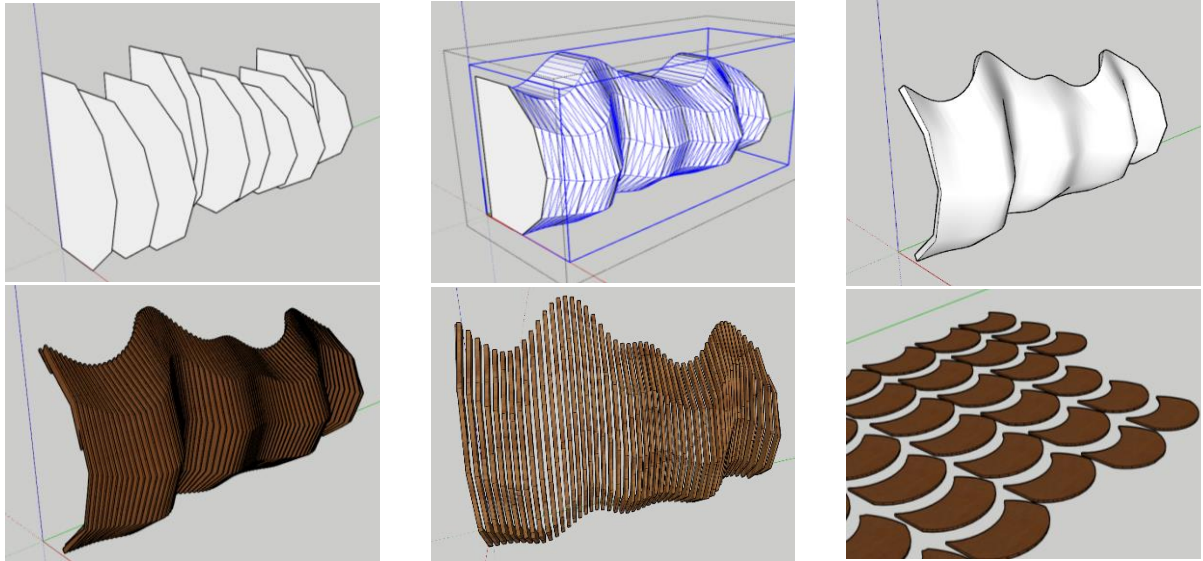


Рис. 2 – Побудова просторової моделі за допомогою Sketch Up

Отримані креслення моделі в пошаровій розкладці можуть бути передані на будь-яке обладнання для їх виготовлення – лазерний різак, фрезерний верстат з ЧПУ, установки для лиття під тиском чи принтер для 3Д- друку [1].

#### Список посилань

1. Сайт Indigowood [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://indigowood.com.ua/>. Дата доступу: 15.05.2023.
2. Jabi, Wassim. Parametric Design for Architecture / Laurence King Publishing, 2013, – 209 p. – ISBN: 9781780673141.
3. Надыршин Н. М. Параметризм как стиль в архитектурном дизайне: // Вестник ОГУ. — 2013. — № 1 (150). — С. 53—57
4. Сайт Craftivaar [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.craftivaar.com/>. Дата доступу: 15.05.2023.
5. Сайт Novatr [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.novatr.com/>. Дата доступу: 15.05.2023.
6. Портал Sketchup [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sketchup.com/>. Дата доступу: 15.05.2023.
7. Roopinder Tara, "Trimble a Surprise BIM Software Leader", 2016. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.engineering.com/BIM/ArticleID/13859/Trimble-a-Surprise-BIM-Software-Leader.aspx>. Дата доступу: 15.05.2023.

УДК 621.941-229.3:531.133

**Білик С.І.,** докт. техн. наук, професор  
**Білик А.С.,** канд. техн. наук, доцент  
**Нужний В.В.,** ст. викладач

Київський національний університет будівництва і архітектури, [vartist@ukr.net](mailto:vartist@ukr.net)

### ЗАГАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЗАХИСНІ СПОРУДИ

Для захисту інфраструктурних та військових об'єктів, починаючи з першої світової війни, став широко використовуватися бетон, сталь та залізобетон для будівництва спеціальних споруд з метою захисту від ураження артилерійськими снарядами. Друга світова війна додала до переліку небезпечних факторів авіабомби. Війна рф, яка ведеться наразі проти України, засвідчили появу нових, раніше не врахованих загроз для споруд від високоточних засобів повітряного нападу противника, зокрема ракет та БпЛА. Це



призводить до розширення навантажень і впливів на будівлі і споруди внаслідок ударних та інших навантажень [1,2,3]. Аналіз досліджень показує, що необхідно узагальнити класифікацію силових дій від сучасних факторів загроз для споруд з урахуванням воєнного стану за різними характеристиками і наслідками. Потенційні снаряди які впливають на захисні будівлі і споруд розділяють за впливом на 1) кінетичні снаряди, 2) снаряди вибухової дії, 3) снаряди температурної дії, 4) комбіновані снаряди: вибухової кінематичної температурної дії одночасно, 5) ракети, 6) аварії транспортних засобів і літаків, 7) ударні безпілотні літальні апарати бойової дії, 8) осколки, які утворені військовими та терористичними бомбардуваннями, осколки, утворені випадковими вибухами та інші події (наприклад, вихід з ладу резервуара під тиском, вихід з ладу лопаті турбін чи інших високошвидкісних обертових машин), 9) повітряні летючі об'єкти внаслідок дії природних сил (торнадо, вулкани, метеорити) тощо. Снаряди та ракети, або пристрої та природні явища дуже різноманітні за своїми формами та розмірами, швидкістю удару, твердістю, жорсткістю, положення та напрямком удару у просторі (тобто нахил, поворот, перекидання тощо). Також взаємодія снарядів різних типів відрізняється часом дії на будову або споруду, та фізикою утворення динамічного навантаження, часом ударного імпульсу, спектром наслідків пошкоджень цілі тощо. Ракети можна класифікувати за дію на поверхню споруди, як тверді, напівтверді (середньо деформовані при контакті з поверхнею захисної споруди) або м'які (сильно деформовані при контакті з поверхнею захисної споруди). Взаємодія ракет і захисної споруди характеризується глибиною проникнення, часом проникнення, відповідно імпульсом динамічного навантаження, величиною деформації самої ракети. Жорсткий удар снаряда або ракети призводить як до локального пошкодження захисної споруди, проникнення в середину конструкції на певну величину, так і до загальної динамічної реакції захисної споруди. Також при жорсткому ударі коефіцієнт динамічності самого снаряду достатньо значний, і тому момент вибуху, проникнення снаряду в середину захисної конструкції та деформація снаряду є пов'язані між собою події у часі. М'який удар складаються з розколювання бетону (penetration), відриву бетону від задньої поверхні (spalling), луцення бетону при проникненні в середину конструкції мішені (perforation) та деформацією самої ракети. Коефіцієнт динамічності системи «захисна конструкція–ракета» суттєво відрізняється від коефіцієнта динамічності ракети внаслідок впливу приєднаної ваги. Тому може відбуватися сильне руйнування конструкції ракети внаслідок контакту із захисною конструкцією та внаслідок динамічного навантаження, яке виникає в оболонці ракети в момент контакту з залізобетонною конструкцією. Загальний динамічний відгук захисної стінки або плити складається із деформацій згину з урахуванням коефіцієнту динамічності. Цей коефіцієнт динамічності, який залежить від граничних умов обпирання і жорсткості плити або стінки, може призводити до суттєвої зміни амплітуди коливань у часі. Потенційне руйнування при згині або зсуві відбудеться, якщо локальна енергоємність плити від деформації не перевищує кінетичну енергію від дії ракети або снаряду. Тому важливою задачею є визначення приєднаної ваги в системі «захисна споруда-ракета». Особливо треба зауважити, що приєднана вага в цій системі є змінна у часі. Внаслідок пониженої суцільності ракети по відношенню до снаряду, глибина проникнення ракети залежить від загострення обтікача, який на кінці достатньо твердий. Тому удар бойових ракет слід відносити до напівтвердого удару, тому що буде виникати достатнє значне проникнення в середину захисної конструкції, а процес відколювання бетону при його луценні буде мати певну швидкість. З іншого боку, удар літаків об захисну споруду слід віднести до м'яких ударів. Підходи до врахування таких сполучень навантажень розвинуті в роботах [4,5,6].

#### Список посилань

1. Rajiv Ranjan, Prabhakar Gundlapalli. Local impact effects on concrete target due to missile: an empirical and numerical approach/Conference: Improving Performance of Concrete Structures : Fourth

International fib Congress in Mumbai, India (2014) Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/34468104>,

2. A. Ramachandra Murthy, G. S. Palani, Nagesh R. Iyer. Impact Analysis of Concrete Structural Components / Defence Science Journal. – 2010. – 60(3). – p. 307-319. Режим доступа: DOI:10.14429/dsj.60.35. <https://www.researchgate.net/publication/269919734>.

3. Коцюруба В.І. Методика розрахунків та обґрунтування вимог до інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури від БпЛА типу баражуючий боєприпас / В.І.Коцюруба, А.С.Білик, А.О.Веретнов, Г.С.Гайдарли, Р.М.Борта, Б.І. Тертишний Б.І. // Опір матеріалів і теорія споруд/Strength of Materials and Theory of Structures. – 2022. – № 109 – с. 164-183. Режим доступа [http://opir.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-109/14-109\\_kocyuruba\\_v.i.\\_bilik\\_a.s.\\_veretnov\\_a.o.\\_gaydarli\\_g.s.\\_borta\\_r.m.\\_tertishniy\\_b.i.pdf](http://opir.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-109/14-109_kocyuruba_v.i._bilik_a.s._veretnov_a.o._gaydarli_g.s._borta_r.m._tertishniy_b.i.pdf)

4. Білик С.І. Вплив зміни технологічних умов експлуатації сталевих опорних конструкцій обладнання та трубопроводів енергоблоків атомних станцій на їх сейсмічну міцність/С.І. Білик, О.П. Шугайло // Ядерна та радіаційна безпека. – 2022. – № 1(93). – с.62-70. Режим доступа: [https://doi.org/10.32918/nrs.2021.1\(93\).07](https://doi.org/10.32918/nrs.2021.1(93).07)

5. Шугайло О.П. Дослідження напружено-деформованого стану сталевих опорних конструкцій елементів енергоблоків атомних станцій за сейсмічних навантажень/ О.П. Шугайло, С.І. Білик, // Ядерна та радіаційна безпека. - 2022.- №3(95) – с. 15-26. Режим доступа: [https://doi.org/10.32918/nrs.2022.3\(95\).02](https://doi.org/10.32918/nrs.2022.3(95).02)

6. Шугайло О.П. Розвиток методів оцінки безпеки сталевих опорних конструкцій обладнання і трубопроводів енергоблоків атомних станцій за сейсмічних навантажень/ О.П. Шугайло, С.І. Білик, // Ядерна та радіаційна безпека. – 2023. – №1(97) – с. 20-29. Режим доступа: [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1\(97\).03](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1(97).03)

УДК 721.(477)

**Барбаш М.І., ст. викладач**

Національний університет «Чернігівська політехніка», [m\\_barbash@ukr.net](mailto:m_barbash@ukr.net)

## ПРОГРАМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗРАХУНКУ ІНСОЛЯЦІЇ ТА КОЕФІЦІЕНТУ ПРИРОДНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ

Програми для автоматизованого розрахунку інсоляції дозволяють дизайнерам та архітекторам швидко і точно визначити кількість сонячного світла, що падає на будівлю або певну зону на землі, допомагають проектувальникам та консультантам оптимізувати будівлю з погляду енергоефективності, доступу денного світла, характеристик електричного освітлення, теплового комфорту та інших показників здоров'я мешканців протягом дня та в різні пори року.

Дизайн із використанням денного світла важливий не тільки для економії енергії, а й для створення атмосфери простору та підвищення візуального комфорту мешканців.

Найвідомішим програмним забезпеченням для аналізу екологічних характеристик сектору архітектури, проектування та будівництва є:

1. Autodesk Revit – програма для проектування будівель, яка має функцію автоматичного розрахунку інсоляції.

2. Ecotect – програма для аналізу будівель, яка дозволяє розраховувати інсоляцію та інші параметри, пов'язані з енергоефективністю будівель. Ecotect-аналіз є програмним забезпеченням, яке дозволяє розробнику моделювати характеристики будівлі на ранніх стадіях проектування. Autodesk, прагнучи підтримувати зростаючу увагу галузі АЕС до енергоефективності та високопродуктивного проектування, інтегрувала функціональні можливості, аналогічні Ecotect Analysis, до сімейства продуктів Revit.

Найбільш часто виконувани задачі Ecotect:

- аналіз сонячної активності (дозволяє візуалізувати та кількісно оцінити розподіл сонячного випромінювання для будь-якої дати та часу та безпосередньо відобразити результати на моделі);



- дослідження сонця та тіні (інтерактивний інструмент траєкторії сонця в Revit, що дозволяє візуалізувати траєкторію сонця для вивчення впливу природного світла та тіней на екстер'єри та інтер'єри проекту у будь-якому місці);

- аналіз денного та електричного освітлення (використовується швидкий хмарний сервіс Autodesk 360 Rendering, що дозволяє вводити своє місцезнаходження, час, а також модель неба);

- теплові характеристики та енергетичний аналіз всієї будівлі (дозволяє розрахувати теплові навантаження проекту з урахуванням внутрішніх навантажень, сонячного навантаження та впливу захисних конструкцій будівлі, навантаження на опалення та охолодження для моделей, розрахувати загальне споживання енергії та вартість на річній, місячній, щоденній та погодинній основі, використовуючи глобальну базу даних інформації про погоду).

3. ClimateStudio – програмне забезпечення сумісне з Rhino/Grasshopper. ClimateStudio – найшвидше та найточніше програмне забезпечення для аналізу екологічних характеристик для сектору архітектури, проектування та будівництва (AEC).

4. Radiance дозволяє проводити точний розрахунок інсоляції та інших параметрів освітлення, використовуючи методи радіаційної теплотехніки. Radiance — один із найвідоміших у світі пакетів ПЗ для розрахунку освітлення, розроблений у Національній лабораторії ім. Лоуренса в Берклі та визнаний найбільш достовірним засобом розрахунку ЕО. Робота з Radiance проходить без використання графічного інтерфейсу користувача. Нині цей метод (final gathering) використовується у багатьох пакетах візуалізації. Radiance має практично необмежену універсальність, що дозволяє розраховувати моделі будь-якої складності з будь-якими фізичними характеристиками.

5. IESVE – використовується експертами зі сталого проектування по всьому світу для аналізу енергетичної ефективності будівель та включає функцію розрахунку інсоляції, забезпечуючи співробітництво між архітекторами, інженерами та підрядниками протягом усього життєвого циклу будівлі.

Створена вихідна архітектура будівлі на даний час вимагає її аналізу для прогнозування продуктивності за цілим рядом показників, включаючи затінення від сонця, денне освітлення, споживання енергії та температурний комфорт, що дозволить оптимізувати дизайн фасаду, а додані меблі - оцінити відблиски та повітряний потік (CFD) у 3D-моделі.

#### Список посилань

1. Architecture, Engineering & Construction [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.autodesk.com/industry#architecture-engineering-and-construction>
2. Advanced daylighting, electric lighting, and conceptual thermal analysis [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.solemma.com/climatestudio>
3. Rendering with Radiance [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radsite.lbl.gov/radiance/framew.html>
4. Leading integrated suite for accurate whole building performance simulation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iesve.com/software/virtual-environment>

**СЕКЦІЯ 7**  
**РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА**  
**РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ. ЕЛЕКТРОНІКА. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА,**  
**ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

УДК 621.327

Добровольська Л.Н., канд. техн. наук, професор  
Собчук Д.С. канд. техн. наук, доцент  
Луцький національний технічний університет, [lsobchuk@gmail.com](mailto:lsobchuk@gmail.com)

**АНАЛІЗ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**  
**ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

Актуальність використання автономних систем для забезпечення якості електроенергії та надійного електроживлення у сільському господарстві базується на вивченні кількісних та якісних потоків електроенергії у технологічних процесах аграрно-промислових комплексів (АПК) з метою створення методів управління надійністю системи електроживлення, забезпечення якості електроенергії, які б забезпечували [1] підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва шляхом забезпечення надійності електроживлення та якості електроенергії. Основними стримуючими факторами розвитку електрозабезпечення сільськогосподарських споживачів є відсутність науково-технічних передумов побудови структури надійного та ефективного автономного електроживлення з власними джерелами, в умовах зниження показників якості електроенергії та виникнення перерв електропостачання. Необхідно розробити науково-технічних передумови побудови автономних систем електроживлення з різнорідними джерелами. Для досягнення мети необхідно провести аналіз існуючих і перспективних структур автономних систем електроживлення, особливостей їх впливу на систему централізованого електропостачання та режими електроспоживання технологічних процесів у сільському господарстві, обґрунтувати впровадження автономних систем електроживлення для сільськогосподарських споживачів. Як показано в [2] сучасні тенденції розвитку малої електроенергетики передбачають використання у автономних системах різних класів джерел електроенергії, які поділяються на дві основні групи – традиційні та відновлювані.

Використання відновлюваних джерел енергії на сьогодні є важливим напрямком розвитку енергетики України як з економічних, так і з політичних міркувань. З одного боку низький рівень забезпеченості власними первинними енергоносіями, а з іншого – Україна має великий потенціал у галузі відновлюваної енергетики. Для забезпечення надійного електропостачання система має забезпечити відповідний рівень структурної та функціональної надійності [3]. ВДЕ впливає на балансову надійність, складову функціональної надійності [3]. Через свою нестабільність ВДЕ створює неоднозначний вплив на балансову надійність. Аналіз добових графіків дозволяє говорити про неспівпадання максимумів генерації ВДЕ і навантаження, що негативно впливає на забезпечення балансу. Нарощування потужностей ВДЕ частково може покращити балансову надійність, але це може негативно вплинути на якість напруги. В залежності від співвідношення генерованої потужності ВДЕ і споживаної потужності на фідері, до якого підключено джерело, якість напруги може змінюватись. Тому в показникові якості функціонування необхідно врахувати якість напруги. В [4] запропоновано математичну модель показника якості функціонування локальної електричної мережі, який дозволяє врахувати функціональну готовність до забезпечення надійного і якісного електропостачання. Показник дозволяє виконувати оцінювання впливу ВДЕ на функціональну готовність розподільних електричних мереж.

Параметри та режими роботи резервних джерел визначаються з аналізу вимог споживачів, що живляться з шин системи загального живлення та особливостей роботи споживачів, приєднаних до шин підсистем гарантованого, безперервного та якісного живлення.

#### Список посилань

1. Лежнюк П.Д. Відновлені джерела енергії як засіб підвищення якості електропостачання / Лежнюк П.Д., Комар В.О., Собчук Д.С. // Енергетика та електрифікація. – 2015. – №12. – С. 23–26.
2. Мішин В.И. Методика розрахунку характеристик автономних асинхронних генераторів зі змішаним ємнісним збудженням // Мішин В.И., Каплун В.В. та ін. – НАУ. Київ – 2007. – 44 с.
3. Лежнюк П.Д. Оцінка впливу на якість функціонування локальної електричної системи відновлюваних джерел електроенергії / Лежнюк П.Д., Комар В.А., Собчук Д.С. // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2014. – №1. – с. 6–8.
4. Биллinton Р. Оценка надежности электроэнергетических систем / Биллinton Р., Аллам Р.; пер. с англ. В. А. Туфанова; под ред. Ю. А. Фокина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.

УДК 628.3

**Трус І.М., канд. техн. наук, доцент**  
**Гомеля М.Д., докт. техн. наук, професор**  
**Твердохліб М.М., канд. техн. наук, ст.викладач**  
**Галиш В.В., канд. хім. наук, доцент**  
**Сіренко Л.В., канд. техн. наук, доцент**  
**Тараненко А.С., студент**

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», [inna.trus.m@gmail.com](mailto:inna.trus.m@gmail.com)

### ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З ВОДИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ІОННОГО ОБМІНУ

Забруднення природних та стічних вод важкими металами є однією з головних проблем у всьому світі і потребує уваги, оскільки важкі метали, що перевищують допустимий діапазон концентрацій, загрожують як рослинному, тваринному життю, так і людині. У багатьох випадках при моніторингу водних об'єктів використовуються недостатньо точні методи і прилади контролю для того, щоб оцінити справжній стан водойм та майже не враховується зростання концентрації важких металів у воді при евтрофікації водойм. Нині досить широко застосовують фізико-хімічні методи вилучення важких металів із природних та стічних вод. Все більшу увагу привертають методи очищення, засновані на іонному обміні з використанням природних і синтетичних матеріалів, що дозволяють не тільки отримувати іони важких металів із стічних вод, а й повторно використовувати стічні води в оборотному водопостачанні [1].

Неорганічні синтетичні іоніти включають силікагелі, пермутити, важкорозчинні оксиди і гідроксиди алюмінію, хрому, цирконію та інших металів. Властивості обміну катіонів, що має силікагель, пов'язані з властивістю обміну іонів водню, що входять в склад гідроксильних груп на катіони металів, які проявляються в лужному середовищі. Катіонообмінними властивостями володіють і пермутити що одержуються сплавом з'єднань, що містять в своєму складі алюміній і кремній.

Органічними природними іонітами являються гумінові кислоти ґрунту і вугілля. Вони мають слабокислотні властивості. Посилення кислотних властивостей і обмінної ємності вугілля можливо при подрібненні і сульфуванні в надлишку оліума.

Іоніти з сульфовугілля є доступними поліелектролітами, що містять у своєму складі як сильно- так і слабокислотні групи. Недоліком таких іонітів є їх мала хімічна стійкість і механічна міцність зерен, а також невелика обмінна ємність, що особливо виражено в нейтральному середовищі.

До органічних іонообмінних матеріалів штучного походження відносяться іонообмінні смоли які мають розвинену поверхнею, і набувають все більшого практичного значення для очищення стічних вод, в тому числі таких, що містять іони важких металів.

Синтетичні іонообмінні матеріали – це високомолекулярні сполуки, в яких вуглеводневі радикали утворюють сітку на якій фіксуються іонообмінні функціональні групи.

Іонообмінний метод дозволяє видалити всі чи цілеспрямовано деякі важкі метали, такі як  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $V^{4+}$ ,  $V^{5+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Cr^{4+}$ ,  $Cu^{2+}$  та  $Zn^{2+}$  зі стічних вод.

Механізм іонного обміну можна пояснити наступною реакцією:



$M^+EC^+$  – іонообмінник ( $M^+$  - фіксований аніон,  $EC^+$  – обмінний катіон;

$WC^+$  – катіона важкого металу в стічних водах.

Основним недоліком іонообмінного методу є необхідність подачі на іонообмінні установки стічних вод, попередньо очищених від завислих речовин, ціанідів, іонів заліза, нафтопродуктів і інших органічних речовин, і з малої тимчасової жорсткістю. А також отримання після регенерації високотоксичних і висококонцентрованих елюатів, які необхідно піддавати додатковому знешкодженню.

Автори [2] вивчають вплив іонообмінних смол різного походження на ефективність вилучення іонів нікелю та міді з водних розчинів. Показана доцільність використання сильнокислотного катіоніту КУ-2-8 у порівнянні з універсальними іонообмінниками та хелатоутворювальним поліамфотерним сорбентом для екстракції важких металів із води.

В роботі [3] показано, що в статичних умовах при концентрації міді від 1 до 30 мг/дм<sup>3</sup> вилучення міді проходить неефективно як з дистильованої так і з водопровідної води. Підвищення ефективності вилучення іонів міді досягнуто в динамічних умовах. Десорбція іонів міді розчинами соляної кислоти в статичних умовах була низькою. В динамічних умовах досягнуто практично повної десорбції іонів міді розчинами соляної кислоти.

Автори в роботі [4] представляють дослідження процесу сорбції на катіоніті КУ-2-8 іонів  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  та  $Cu^{2+}$ . Визначено, що селективність катіоніту по іонах важких металів що містяться в розчині в низьких концентраціях є значно меншою ніж селективність по іонах кальцію та магнію. При пом'якшенні води за допомогою методу іонного обміну встановлена можливість вилучення іонів міді на катіоніті зі слабокислотними властивостями. Авторами також оцінено вплив який мають іони кальцію та магнію на сорбцію іонів важких металів при вилученні останніх зі стічних вод гальванічних виробництв що використовуються для промивки деталей. Показано, що для ефективного розділення іонів важких металів у процесі сорбції, різниця в селективності катіоніту по іонах важких металів є недостатньою. При проведенні регенерацію суміші важких металів при регенерації кислотами вимиваються з катіоніту КУ-2-8 не гірше, ніж з іоніту з на якому було сорбовано лише один вид іонів важких металів.

В роботі [5] наведено результати досліджень щодо визначення ефективності іонообмінного вилучення  $Cu^{2+}$  й  $Zn^{2+}$  з водного розчину суміші сульфату міді й цинку. Викладено результати по визначенню ефективності регенерації іонітів в  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  формі розчином сірчаної кислоти.

#### Список посилань

1. Гомеля М. Ефективність вилучення іонів важких металів з розведених розчинів іонообмінним методом / М. Гомеля, В. Іванова, І. Трус // Технічні науки та технології. – 2017. – № 4 (10). – с. 154-162.
2. Вербич С. В., Брик М. Т. Вилучення іонів важких металів з водних розчинів / С.В. Вербич, М.Т. Брик // Наукові записки. Хімічні науки і технології. – 2001. – Том 19. – с. 32-35.
3. Малін В. П. Ефективність застосування катіоніту КУ-2-8 при вилученні іонів міді з води в присутності іонів жорсткості / В. П. Малін, М. Д. Гомеля, В. М. Галімова // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук. – техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт.; гол. ред. А. М. Кравчук. – Київ : КНУБА, 2016. - Вип. 26. - с. 45 - 55.

4. Гомеля М., Трохименко Г. Вплив іонів жорсткості на сорбцію важких металів на катіоніті / М. Гомеля, Г. Трохименко, О. Глушко // Технічні науки та технології. – 2018. – № 1. – С. 214-223.

5. Сухарева А.С. Електрохімічне розділення міді й цинку в процесі іонообмінного очищення води / А.С. Сухарева, Г.Г Трохименко, М.Д. Гомеля // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування. – 2017. – № (3). – с. 114-120.

УДК 621.039.322

Кузнєцов П.М., аспірант

Бедункова О.О., докт. біол. наук, професор

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,

[kuznetpavel@gmail.com](mailto:kuznetpavel@gmail.com)

### СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗДІЙСНЕННЯ АНТИНАКИШНОЇ ОБРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВОД ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

У оборотних системах охолодження (ОСО) електростанцій основною причиною забруднення конденсаторів є утворення твердих мінеральних осадів (накипу). Під час роботи ОСО накип призводить до зниження ефективності тепловіддачі системи охолодження та закупорювання труб. Органічні фосфонати, в основному оксіетилідендифосфонова кислота (ОЕДФ) широко застосовується в якості корегуючого реагенту для запобігання утворення накипу карбонату кальцію  $\text{CaCO}_3$  [1].

ОЕДФ (рис. 1, а) являє собою білий кристалічний порошок, який добре розчиняється у воді, температура плавлення 198-199 °С. У розчинах, перенасичених карбонатом кальцію, HEDP утворює хелатний комплекс та осад з іонами  $\text{Ca}^{2+}$ . Водневий показник рН та молярне співвідношення іонів  $\text{Ca}^{2+}$  та ОЕДФ визначає склад сполук осаду, що утворюються: співвідношенням  $\text{Ca-HEDP}$  2:1 (рис. 1, b),  $\text{Ca-HEDP}$  1:1 (рис. 1, c) та хелатну сполуку (рис. 1, d) [2]. При температурі, характерній для циркулюючих систем охолодження конденсаторів турбін, HEDP не піддається гідролітичному розкладанню і зберігає свої стабілізуючі властивості [3].



Рис. 1 – Схематична структура ОЕДФ та осадів комплексу, що утворюються з іонами кальцію: а - структура ОЕДФ; б -  $\text{Ca-HEDP}$  (2:1); с -  $\text{Ca-HEDP}$  (1:1); д -  $\text{Ca-HEDP}$  (1:1)

Дослідження структури утворення  $\text{CaCO}_3$  в присутності ОЕДФ доказують зміну форми осаду внаслідок абсорбції ОЕДФ на вже утворених кристалах  $\text{CaCO}_3$  (рис. 2 а, б). Таким чином можна зробити висновок, що утворення та трансформація твердої фази інгібуються ОЕДФ, в результаті чого весь процес утворення  $\text{CaCO}_3$  сильно сповільняється [4].

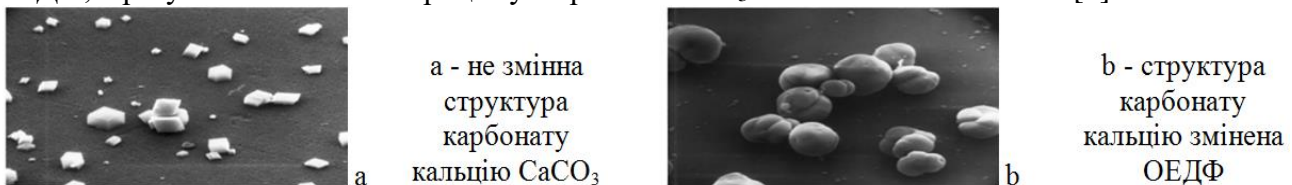


Рис. 2 – Ефект антинакипної обробки фосфонатами: зображення кубічних кристалів без присутнього інгібітору та деформованих кристалів у присутності інгібітору [4]



ОЕДФ в поверхневих водах біодеградує з утворенням фосфат-іонів (рис. 3). Для водойм рибогосподарського призначення, концентрація у скидній воді не повинна перевищувати гранично допустиму концентрацію ОЕДФ - 0,9 мг/дм<sup>3</sup> [5].

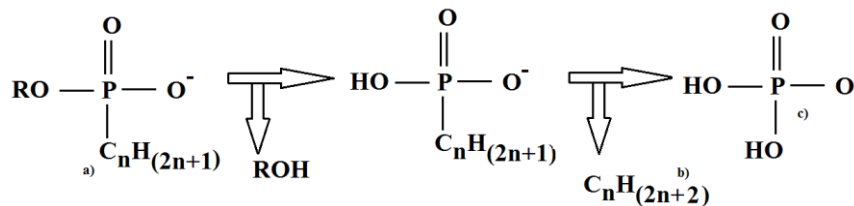


Рис. 3 – Біодеградація фосфонатів (а) у поверхневих водах з утворенням (б) – вуглеводнів, (с) – фосфатів [6]

За проектними рішеннями водопідготовки електростанцій, зазвичай реалізується стале дозування реагентів. Для раціонального споживання реагентів, з метою виключення їх надмірного та необґрунтованого дозування, а також для зниження антропогенного впливу на водні об'єкти при скиді зворотних вод ОСО для Рівненської АЕС (РАЕС) впроваджена модель дозування ОЕДФ за критерієм варіабельності. В якості фактору, що визначає дозу ОЕДФ в охолоджуючій воді прийнятий вміст в охолоджуючій воді загальної жорсткості (рис. 4, 5).

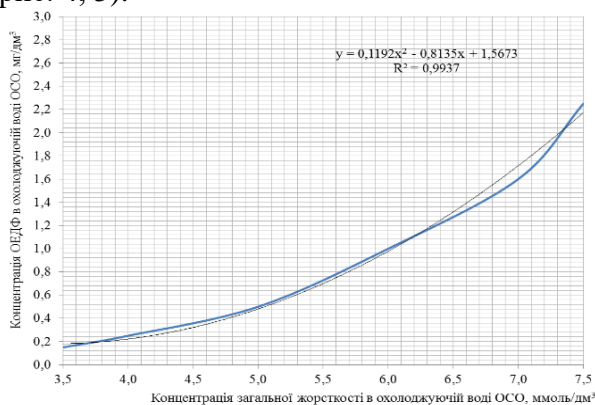


Рис. 4 – Залежність необхідної концентрації ОЕДФ в охолоджуючій воді ОСО для інгібування утворення карбонату кальцію

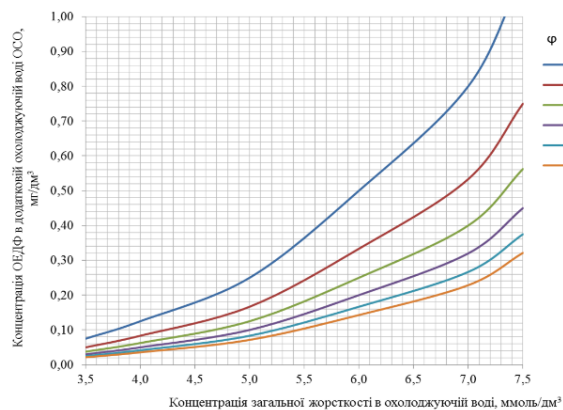


Рис. 5 – Залежність необхідної концентрації ОЕДФ в додатковій охолоджуючій воді відповідно до коефіцієнтів випаровування

Запроваджена модель варіабельного дозування реагенту НЕДР для обробки охолоджуючої води ОСО РАЕС визначається фактичним значеннями загальної жорсткості охолоджуючої води та коефіцієнтом випаровування φ ОСО, встановлений критерій варіабельності дозування ОЕДФ, при якому дозування не проводиться. Модель варіабельного дозування, на відміну від сталого проектного дозування, враховує зміни технологічних умов експлуатації та показники якості водно хімічного режиму ОСО. Застосування варіабельного дозування ОЕДФ не вплинуло на інтенсифікацію процесів утворення накипу в ОСО РАЕС, отже використання варіабельного дозування ОЕДФ для антинакипної корекційної обробки охолоджуючої води є доцільним з технологічної, економічної та екологічної точок зору. Враховуючи застосування антинакипної обробки фосфонатами, запроваджена модель варіабельного дозування може бути застосована для інших промислових об'єктів, що використовують ОСО.

#### Список посилань

1. Preparation and application of novel rice husk biochar–calcite composites for phosphate removal from aqueous medium / S. Ramola et al. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 299. P. 126802. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126802.



2. Shaopeng Zhang, Jie Ding, Dayong Tian, Mingshuo Chang, Xuyang Zhao, Minghua Lu, Experimental and theoretical studies of fluorescent-tagged scale inhibitors for calcium scale inhibition, *Journal of Molecular Structure*, Volume 1272, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2022.134157>.

3. Energetic, exergetic and environmental (3E) analyses of different cooling technologies (wet, dry and hybrid) in a CSP thermal power plant / Cutillas C. G. et al. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2021. Vol. 28. P. 101545. DOI: 10.1016/j.csite.2021.101545.

4. Ge Ji-jiang, Wang Yang, Zhang Gui-cai, Jiang Ping, Sun Mingqin Investigation of Scale Inhibition Mechanisms Based on the Effect of HEDP on Surface Charge of Calcium Carbonate. *Tenside Surfactants Detergents*. 2016. <https://doi.org/10.3139/113.110407>

5. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М. : Главрибвод Минрибхоза СССР, 1990. 96 с.

6. Nowack B., Environmental chemistry of phosphonates, *Water Research*, Volume 37, Issue 11, 2003, Pages 2533-2546, ISSN 0043-1354, [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00079-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00079-4).

УДК 628.162

Оверченко Т.А., канд. техн. наук, ст. викладач

Іваненко О.І., докт. техн. наук, професор

Блінов Д., студент

Бурячок А., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

[overchenko.tanya@gmail.com](mailto:overchenko.tanya@gmail.com)

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ МЕТАЛІВ ДЛЯ ВОДОБОРОТНИХ СИСТЕМ В КОМУНАЛЬНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

На сьогоднішній день гостро стоїть проблема корозії у водних середовищах. При корозії трубопроводів та іншого обладнання відбувається не тільки руйнування конструкції, але і підвищується рівень забруднення води завислими речовинами за рахунок продуктів корозії [1]. Це, в свою чергу, призводить до інтенсифікації шламовідкладень на поверхні труб і на теплообмінних поверхнях, що сприяє підвищенню гідравлічного опору і погіршення теплопередачі. На сьогоднішній день відомо багато досліджень та публікацій по розробці ефективних інгібіторів корозії, але на даний момент ця проблема досить актуальна. Дуже важливо, щоб розроблені реагенти були ефективними інгібіторами корозії [2]. Метою досліджень було створення нових реагентів для попередження корозії водоциркуляційних систем в комунальному господарстві.

Були проведені дослідження на водопровідній воді (м. Київ), при застосуванні ОЕДФК, ТПФН, НТМФК, ГМФН, гіпану та  $Zn^{2+}$  методом масометрії.

Як видно з результатів (таблиця 1), ОЕДФК, яка є високоефективним стабілізатором накипоутворення в водопровідній воді, ефективна як інгібітор корозії сталі Ст3. Також ефективними інгібіторами є поліфосфати і гіпан. ТПФН забезпечує ступінь захисту при тих же дозах на рівні  $Z=69-82\%$ .

ГМФН ефективний як інгібітор корозії і забезпечує ступінь захисту на рівні  $Z=70-86\%$ . Гіпан за таких же умов забезпечує ступінь захисту на рівні  $Z=64-92\%$ . Цікаво відзначити, що ефективність деяких інгібіторів знижується з підвищенням дози. Ймовірно, це обумовлено тим, що при підвищенні концентрації інгібітору знижується сорбція кисню на поверхні металу.

Відомо, що фосфонові кислоти і поліфосфати є більш ефективними інгібіторами при використанні в композиції з іонами  $Zn^{2+}$ . І в даному випадку включення іонів  $Zn^{2+}$  в композицію призвело, в цілому, до підвищення ефективності інгібіторів корозії. Мало змінюється ефективність захисту від корозії при включенні  $Zn^{2+}$  в композицію з ТПФН, однак при використанні  $Zn^{2+}$  з гіпаном і ГМФН досягнуто високого рівня захисту металів

від корозії. Композиція гіпану з  $Zn^{2+}$  забезпечує ступінь захисту на рівні 94–96% у всьому діапазоні концентрацій гіпану. У разі ГМФН ступінь захисту досяг 87–94%, при чому високий ступінь захисту досягнуто при концентрації ГМФН 5 мг/дм<sup>3</sup> [3].

Таблиця 1 – Вплив типу та дози інгібітору на швидкість корозії та ступінь захисту від корозії сталі Ст3 в київській водопровідній воді

Інгібітор	Доза, мг/дм <sup>3</sup>	V, г/м <sup>2</sup> ·год	V', мм/рік	J	Z, %
—	—	0,0395	0,0397	—	—
ОЕДФК	5	0,0064	0,0062	6,40	84,00
	15	0,0100	0,0129	3,07	67,40
	20	0,0075	0,0072	5,50	81,80
	50	0,0018	0,0024	16,54	99,95
ТПФН	5	0,0120	0,0130	3,05	69,04
	15	0,0100	0,0100	3,97	74,80
	20	0,0070	0,0070	5,67	82,30
	50	0,0082	0,0090	4,41	77,32
ТПФН; $Zn^{2+}$	5;5	0,0086	0,0085	4,67	21,40
	15;5	0,0094	0,0090	4,41	77,32
	20;5	0,0079	0,0075	5,29	81,09
	50;5	0,0119	0,0110	3,06	67,32
ОЕДФК; $Zn^{2+}$	5;5	0,0015	0,0017	23,35	96,71
	15;5	0,0062	0,0062	6,40	84,37
	20;5	0,0065	0,0070	5,67	82,36
	50;5	0,0021	0,0027	14,70	93,20
Гіпан	5	0,0030	0,0030	13,23	92,40
	15	0,0039	0,0038	10,44	90,42
	20	0,0072	0,0074	5,36	81,34
	50	0,0148	0,0141	2,81	64,41
Гіпан; $Zn^{2+}$	5;5	0,0013	0,0016	24,81	95,56
	15;5	0,0015	0,0019	20,9	95,21
	20;5	0,0014	0,0014	28,35	96,47
	50;5	0,0029	0,0023	17,26	94,2
ГМФН	5	0,0058	0,0055	7,21	86,13
	15	0,0118	0,0114	3,48	71,26
	20	0,0086	0,0091	4,36	77,06
	50	0,0119	0,0116	3,42	70,76
ГМФН; $Zn^{2+}$	5;5	0,0024	0,0022	18,04	94,44
	15;5	0,0047	0,0041	9,68	89,66
	20;5	0,0030	0,0030	13,23	92,44
	50;5	0,0053	0,0051	7,78	87,15

#### Список посилань

1. Гомеля Н.Д. Исследование процессов коррозии стали в воде / Н.Д.Гомеля, В.М. Радовенчик, Г.Л.Шутько // Экологические и ресурсосбережение. – 1996. – №1. – с. 36-41
2. Overchenko T. The development of inhibitors of scale formation in water circulation systems in industry, power and municipal households/ T. Overchenko, S. Frolenkova, V. Vorobyova //Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2019 – 54, 1. – pp. 72-76.
3. Оцінка ефективності інгібіторів корозії металів для водооборотних систем в промисловості, енергетиці та комунальному господарстві / [Т.А. Оверченко, О.І. Іваненко, Т.В. Крисенко, Н. Козакевич, А. Кньовець] // East European Scientific Journal. – 2018. – 3(31). – с. 49-52.

УДК 553.93

**Чоботько І.І., провідний інженер**  
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро,  
efilonov79@gmail.com

## **ВІДХОДИ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ – МАЙБУТНІ ТЕХНОГЕННІ РОДОВИЩА**

Вугільна промисловість вже давно асоціюється із забрудненням та деградацією навколишнього середовища. Відходи, що утворюються при видобутку вугілля є основним чинником забруднення повітря та води, деградації ґрунтів та викидів парникових газів [1]. Однак останніми роками зростає інтерес до пошуку шляхів перетворення цих відходів на ресурс для підвищення екологічної ефективності [2]. Завдяки технологічному прогресу відходи вугільної промисловості тепер можна переробляти і використовувати для виробництва цінних продуктів, таких як будівельні матеріали, добрива, палива, вилучення рідкоземельних металів. Такий підхід не лише допомагає зменшити вплив вугільної промисловості на довкілля, а й сприяє розвитку циркулярної економіки, перетворюючи відходи на цінний ресурс [3]. У цій роботі ми розглянемо потенціал відходів вугільної промисловості як джерела екологічної ефективності та висвітлимо деякі з інноваційних способів їх повторного використання та репрофілювання.

З одного боку прихильники використання відходів вугільної промисловості стверджують, що це цінний ресурс, який може бути використаний для виробництва цілого ряду продуктів, включаючи будівельні матеріали, добрива та паливо [4]. Вони вказують на економічні та екологічні переваги використання відходів для створення цінних продуктів, включаючи зниження витрат на утилізацію відходів, зменшення залежності від первинної сировини та зниження викидів шкідливих речовин. Вони також стверджують, що переробка відходів може допомогти очистити навколишнє середовище, зменшуючи кількість відходів на звалищах і запобігаючи забрудненню навколишнього середовища.

З іншого боку, опоненти стверджують, що використання відходів вугільної промисловості не є життєздатним рішенням екологічних проблем. Вони вказують на той факт, що вугільні відходи за своєю природою токсичні, містять високий рівень важких металів, канцерогенів та інших шкідливих забруднювачів. Вони стверджують, що переробка та повторне використання відходів може призвести до поширення цих токсинів, створюючи ризик для здоров'я населення та довкілля [5]. Вони також стверджують, що сприяння повторному використанню відходів вугільної промисловості може відвернути увагу і ресурси від більш стійких альтернатив, таких як відновлювані джерела енергії тощо.

За даними Мнухіна А.Г. [6] у відходах вугільної промисловості добута сировина оцінюється понад у 100 млн. доларів. Так в одному з відходів вугільної промисловості (териконі) може міститися: германій - 55 г/т (рентабельність від 3 г/т); скандій - 20 г/т (рентабельність від 10 г/т); галій - 100 г/т (рентабельність з 10 г/т); рідше ітрій та цирконій. Загальна кількість рідкоземельних елементів - 250 г/т.

Так наприклад в результаті дослідження відходів вугільної промисловості доведено можливість використання горілої породи для відсипання штучних фундаментів будинків і споруд, автомобільних і залізничних доріг, дамб; як активну мінеральну домішку у виробництві цементу [7].

В роботі Петльованого М.В., Гайдая О.А. [8] крім вугілля в пустих відвалах складається ряд цінних рідкоземельних металів, вміст яких може перевищувати їх кларки у земній корі (табл. 1). Загальний вміст цінних елементів у відвалі становить 230-260 г/т, при їх промислово-му значні – від 10 г/т. Крім того, у породних відвалах міститься в оксидній великій кількості алюміній (до 25 %) та не менше 20 % заліза.

Станом на 2023 рік спостерігається значне зниження цін на рідкоземельні метали. Однак слід зазначити високу ціну скандію у 2016 році в той час як у 2023 році ціна впала на 27 %, також на германій різниця ціни у процентному співвідношенні склала 68 %. Хоча при незначному коливанні цін попит на рідкоземельні метали в світі залишається дуже високий.

Таблиця 1 – Вміст рідкоземельних елементів у відходах вугільної промисловості [8, 9]

Корисний компонент	Вміст, г/т	Ринкова вартість (2016 р.), дол./кг	Ринкова вартість (2023 р.), дол./кг
Скандій	20	15000	4000
Цирконій	20	110	16
Германій	50	900	1313
Галій	100	145	55
Ітрій	25	382	60

Переробка та вилучення рідкоземельних металів з відходів вугільної промисловості може принести економічні та екологічні вигоди, як з об'єкту техногенного родовища, важливо враховувати потенційні ризики та виклики, пов'язані з цим підходом. Зрештою, найефективніше рішення вимагатиме поєднання стратегій, включаючи зменшення утворення відходів, вдосконалення практик управління відходами та розробку альтернативних методів видобування рідкоземельних металів з застосуванням інноваційних технологій.

#### Список посилань

1. Чоботко І.І. Обґрунтування способів та методів усунення самозаймання відходів гірничого виробництва // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2022. – №1(50). – С. 166-171. <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-1-166-171>
2. Хорольський А.О. Наукові основи обґрунтування меж області раціонального проєктування при відпрацюванні родовищ корисних копалин // Фізико-технічні проблеми горного виробництва. – 2021. – №23. – С. 149-173. <https://doi.org/10.37101/ftpgp23.01.011>
3. Грінцов В.Г., & Хорольський А.О. Дослідження основ технології оптимального проєктування раціонального користування родовищами цінних копалин // Мінеральні ресурси України. – 2020. – №2. – С. 19-24. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.19-24>
4. Хорольський А.О., Грінцов В.Г. Оцінка і вибір параметрів при розробці родовищ корисних копалин // Фізико-технічні проблеми горного виробництва. – 2020. – №22. – С. 118-140. <https://doi.org/10.37101/ftpgp22.01.009>
5. Грінцов В.Г., Хорольський А.О. Оптимальне проєктування параметрів гірничозбагачувальних підприємств для раціонального освоєння цінних родовищ України // Фізико-технічні проблеми горного виробництва. – 2019. – №21. – С. 128-145. <https://doi.org/10.37101/ftpgp21.01.008>
6. Мнухин А.Г., Мнухина Н.А., Гитуляр А.А., Горошко І.П. К вопросу извлечения редкоземельных металлов из породных отвалов угольных шахт // Уголь Украины. – 2017. – № 7-8. – С. 64-66. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ugukr\\_2017\\_7-8\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ugukr_2017_7-8_14)
7. Книш І.Б. Перспективи використання відходів вугільної промисловості Львівщини як нової мінеральної сировини // Вісник Львівського ун-ту. Серія геологічна. – 2016. – № 20. – С. 111-123. <https://www.academia.edu/download/43110613/2006.pdf>
8. Петльований М.В., Гайдай О.А. Аналіз накопичення і систематизація породних відвалів вугільних шахт, перспективи їх розробки // Геотехнічна механіка. – 2017. – № 136. – С. 147-158. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/158621>
9. Ціни на рідкоземельні метали // Електронний ресурс. [Режим доступу]: <https://intersplav.com/uk/category/ridkozemelni-metali/>, <https://gold.ua/ua/jewellery-articles/14-samyh-dorogih-metallov-na-planete?fbclid=IwAR2TVptRRiYKcMeg8tH3qFnKxssI2Gd4gkPzSTNZ5v-gG4ztE4uloAN96Uk>

УДК 621.311.25, 697.7

Поповіченко К. О., магістр  
Дубровська В. В., канд. техн. наук, доцент  
Шкляр В. І., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», [shklyar\\_vi@ukr.net](mailto:shklyar_vi@ukr.net)

## АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ НАВЧАЛЬНОМУ КОРПУСИ В ПРОГРАМНИХ СЕРЕДОВИЩАХ PV-SOL ТА T-SOL

Використання відновлювальної енергії має потенційні переваги, включаючи скорочення викидів парникових газів, диверсифікацію поставок енергії та зменшення залежності від ринків викопного палива (зокрема, нафти та газу). Зростання частки відновлювальної енергетики також може стимулювати зайнятість в Україні шляхом створення робочих місць у нових «зелених» технологіях та «зеленого тарифу», за яким відбувається збут енергії виробленої на станціях відновлювальної електроенергетики [1].

Пропонується встановлення комбінованої системи (сонячної електростанції та установки з сонячними колекторами) на плоскому даху 5-и поверхової будівлі навчального корпусу №13 КПІ ім. Ігоря Сікорського, яка буде задовольняти частку енерговитрати і підключена до загальної електричної мережі для продажу надлишку або передачі електроенергії в інші корпуси. Дах будівлі площею 601,6 м<sup>2</sup> обрано через малу частку затінення.

Моделювати системи з відновлювальними джерела енергії зручно в пакетах програм PV-SOL Premium (сонячні електростанції) та T-SOL (сонячні колектори) [2], які дозволяють візуалізувати проекти (рис. 1), що надає інформацію про затінення в різні часи дня та року. Завдяки цьому аналізу можна точно розрахувати та оптимізувати потужності на виході системи.

Панелі [3] розташовували в кілька рядів. Для моделювання обирали систему: Grid-connected PV System with Electrical Appliances, кліматичні данні для м. Києва (Kiev, UKR (1996-2015), Meteororm 8.1) та 1-хвилинний інтервалу розрахунку. В якості даних щодо власного енергоспоживання використовувалася інформація енергомоніторингу будівель університету. Річне споживання електричної енергії в корпусі складає 61670 кВт·год.

Після проведення симуляції з врахуванням затінення від розташованих на даху об'єктів та всіх обраних характеристик наведемо кінцеві результати роботи у програмному продукті PV-sol в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика сонячної електростанції для учбового корпусу

Параметри сонячної електростанції	Вихідне значення
Кількість панелей, шт.	135
Коефіцієнт продуктивності, %	89,1
Річна генерація, (кВт·год)/рік	74977
Власне споживання, (кВт·год)/рік	64804
Подача в загальну мережу, (кВт·год)	10173
Зниження викидів CO <sub>2</sub> , т/рік	31,5

У будівлі відсутнє гаряче водопостачання (ГВП), тому було проведено розрахунок плоских сонячних колекторів для задоволення потреби у гарячій воді. Пропонується встановити на частині плоского даху будівлі 8 плоских колекторів розташованих під кутом 30° до горизонту компанії «А.М.Е. GmbH» типу «AME-TOPSOL 25», які підключені до баку-акумулятора, який контактує з системою централізованого водопостачання [4]. Схематичне зображення системи ГВП з СК наведено на рисунку 1.

Технічні показники кінцевої симуляції роботи системи колекторів наведені у таблиці 2. Програма будує графік споживання теплоти від колекторів та централізованого ГВП (рис. 2).

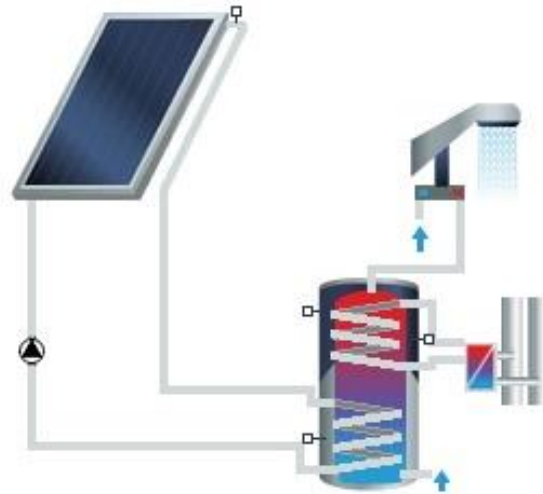


Рис. 1 – Схематичне зображення системи ГВП з СК

Таблиця 2 – Характеристика системи сонячних колекторів для учбового корпусу

Параметри системи сонячних колекторів	Вихідне значення
Загальна площа поверхні колекторів, м <sup>2</sup>	20,13
Частка заміщення централізованого ГВП, %/рік	37,1
Річна генерація теплоти, кВт·год	28731,96
Ефективність роботи системи, %	43,8
Зниження викидів CO <sub>2</sub> , т/рік	3,4

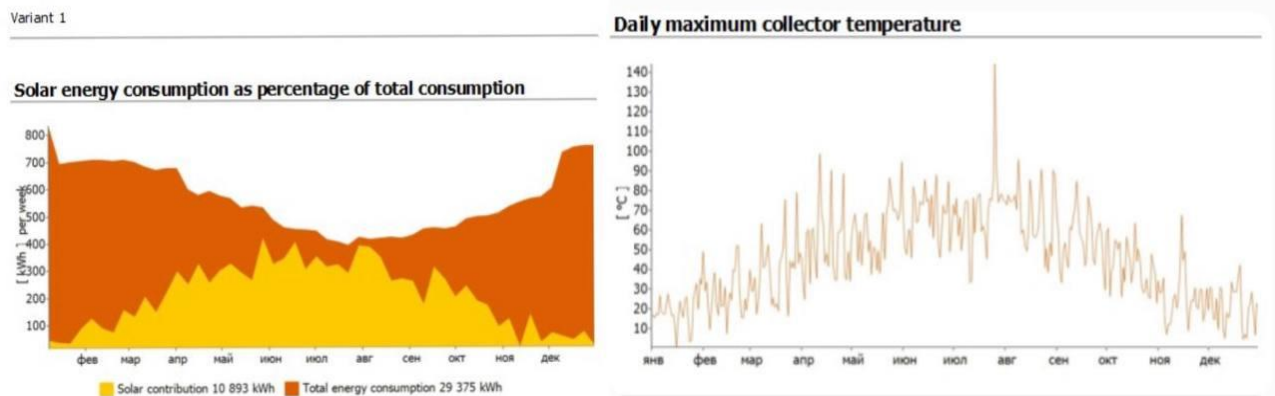


Рис 2 – Графіки генерації гарячої води та максимальної продуктивності впродовж року

По отриманим результатам можемо зробити висновок, що комбінована система дозволяє ефективно використовувати сонячну енергію, а програми PV-SOL та T-SOL ефективно та швидко проектують необхідні системи з відновлювальних джерел енергії. Сонячна електростанція в рік зможе замінити 10173 кВт·год електричної енергії з мережі, а річна генерація теплоти системи ГВП складе 28732 кВт·год і забезпечить комфорт працівникам та студентам. Надлишки електричної енергії в літній період, коли в корпусі відсутні студенти, можна передавати в інші корпуси, де є споживачі або направляти в мережу.

#### Список посилань

1. Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію та надбавки до «зелених» тарифів за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва для суб'єктів господарювання. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/?id=64873>.
2. Програмне середовище. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://valentin-software.com/en/>.



3. Сонячна панель. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/37588>.

4. Сонячний колектор. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vaillant.ua/downloads/manuals/solar/aurotherm/vfk/0020298419-00-im-2127009.pdf>.

УДК 622.2+658.5:519.1.51-3

**Хорольський А.О., канд. техн. наук, в.о. зав. лабораторії**  
**Косенко А.В., канд. техн. наук, мол. наук. співробітник**

Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова  
Національної академії наук України, м. Дніпро, [andreykh918@gmail.com](mailto:andreykh918@gmail.com)

## **РЕЗУЛЬТАТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНІСТЬ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ**

Процес розробки родовищ корисних копалин передбачає ряд вимог до інженерного, технологічного, організаційного забезпечення. Проте розробка вугільних родовищ корисних копалин, підземним способом, ускладнена несприятливими гірничо-геологічними умовами, високими ризиками виникнення раптових викидів вугілля, газу, вугільного пилу. В роботі [1] описано механізм виникнення раптового викиду вугільного газу та пилу, відповідно до якого раптовий викид виникає у разі лавиноподібного перевищення напружень межі міцності порід гірського масиву в результаті втрати стійкості крайової частини пласта корисних копалин, або будь-якого блоку порід, які знаходяться під опорним або консольним тиском, що призводить до його крихкого руйнування [2]. Сьогодні існує ряд теорій виникнення раптового викиду: енергетична, силова, різні підходи до розв'язання задач, проте відсутнє чітке усвідомлення фізичної суті – єдине в чому дійшли згоди усі дослідники, то це розробка технологічних рішень щодо попередження раптових викидів вугілля та газу [3, 4].

Метою роботи є розробка та верифікація нового підходу для обґрунтування оптимальних технологічних схем розробки викидонебезпечних вугільних пластів. Відповідно до поставленої мети умови можна сформулювати таким чином: є вугільний пласт чи група вугільних пластів, небезпечних за раптовими викидами вугілля чи газу, водночас вони не захищені пластами-супутниками. Необхідно створити або обґрунтувати таку технологічну схему розробки пласта, щоб вірогідність виникнення раптового викиду в очисному вибою була мінімальною чи дорівнювала 0.

В математичній постановці, вказана задача, буде мати наступну постановку. Є впорядкований граф якісних характеристик технологічної системи та способів активної дії на масив гірських порід, для якого визначені допустимі шляхи від мінорант до мажорант [5]. Для переходу від загальної постановки задачі до прикладної необхідно формалізувати її. Тобто, в результаті рішення, може бути запропонована технологія розробки вугільних пластів, схильних до викидів, механізованим способом. Наведемо параметри, якими можна керувати  $x_1$  – тип виймальної машини,  $x_2$  – технологічна схема,  $x_3$  – спосіб дегазації масиву гірських порід.

Загальний алгоритм обґрунтування технологічних схем відпрацювання викидонебезпечних вугільних пластів на основі імітаційного моделювання передбачає наступну послідовність дій: задання вихідних параметрів масиву гірських порід та розбиття їх на дискретні значення; для можливих маршрутів графу технологічних рішень визначається математичне очікування та дисперсія; визначається вірогідність раптових викидів вугілля та газу для досліджуваних параметрів; на основі розрахованої вірогідності отримуються залежності виникнення викиду вугілля чи газу у відповідності до значень параметрів (довжина лави, швидкість посування очисного вибою та ін.); на основі отриманих даних обґрунтовуються оптимальні технологічні схеми відпрацювання

викидонебезпечних вугільних пластів; на основі застосування пакету прикладних програм обираються засоби механізації.

У якості об'єкту дослідження розглянуто Державне підприємство «Вугільна компанія «Краснолиманська». Шахта є глибокою, небезпечною за раптовими викидами вугілля та газу, небезпечна за вибуховістю вугільного пилу. Задача стояла в обґрунтуванні оптимальних технологічних рішень, а також виборі засобів механізації.

На першому етапі було проведено імітаційне моделювання виникнення вірогідності раптових викидів вугілля та газу для різних параметрів. Було задано параметри гірського масиву та встановлено, що керуючими параметрами є: ширина захвату, швидкість посування очисного вибою, довжина лави, глибина розробки. Для цих параметрів було обґрунтовано оптимальні значення з точки зору мінімізації вірогідності раптового викиду вугілля та газу. Було встановлено, що раціональна ширина захвату очисного комбайну становить 0,63 м, також встановлено, що вірогідність раптового викиду зростає зі збільшенням ширини захвату. Швидкість посування лінії очисного вибою повинна бути менша ніж 3 м/доб., адже зі збільшенням швидкості посування лінії очисного вибою зростає вірогідність викиду. У разі повільного посування очисного вибою зона максимального опорного тиску уходить «вглибину» вибою, що призводить до зменшення дотичних напружень, що впливають на вірогідність виникнення раптового викиду. Також було встановлено, що найбільш оптимальним є комбайновий спосіб вилучення корисної копалини. Довжина очисного вибою повинна бути понад 250 м, адже зі збільшенням довжини очисного вибою зменшується вірогідність викиду. Окрім цього, встановлено, що зі збільшенням глибини розробки зростає вірогідність раптового викиду вугілля та газу.

Після цього для умов шахти «Краснолиманська» необхідно було обрати засоби механізації очисного вибою, що передбачає обґрунтування структури технологічного ланцюга «механізоване кріплення – очисний комбайн – забійний конвеєр». Для вибору обладнання скористались «Програмою вибору оптимальних комплектацій очисного обладнання», що розроблена співавтором вказаної роботи.

На основі проведеного аналізу, для вказаних технологічних схем, було обрано наступну комплектацію механізованого комплексу «механізоване кріплення МДМ – очисний комбайн УКД400 – скребковий конвеєр СПЗ26». Вказаний технологічний ланцюг відповідає усім вимогам, а також є найбільш оптимальним з точки зору питомої собівартості видобутку, окрім цього, може застосовуватись за умов довжини очисного вибою понад 300 м, що значно мінімізує вірогідність виникнення раптового викиду вугілля та газу.

#### Список посилань

1. Ma Y.K., Nie B.S., He X.Q., Li X.C., Meng J.Q., Song D.Z. Mechanism investigation on coal and gas outburst: an overview. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*. – 2020. – Vol. 27(7). – pp. 872–887.
2. Petlovanyi M., Malashkevych D., Sai K., Bulat I., Popovych V. Granulometric composition research of mine rocks as a material for backfilling the mined-out area in coal mines. *Mining of Mineral Deposits*. – 2021. – Vol. 15(4). – pp. 122-129.
3. Fomychov V., Fomychova L., Khorolskyi A., Mamaikin O., Pochepov V. Determining optimal border parameters to design a reused mine working. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2020. Vol. 15(24). – pp. 3039-3049.
4. Bazaluk O., Ashcheulova O., Mamaikin O., Khorolskyi A., Lozynskyi V., Saik P. Innovative Activities in the Sphere of Mining Process Management. *Frontiers in Environmental Science*. – 2022. – p. 304.
5. Хорольський А.О. Розробка та реалізація моделі для обґрунтування оптимальних технологічних схем відпрацювання викидонебезпечних вугільних пластів. / А.О. Хорольський, А.В.Косенко // Науковий вісник ДонНТУ. – 2020. – № 1(8)-2(9). – с. 193-205.

УДК 621.311.001.57(063)

**Закладний О.О., канд. техн. наук, доцент**  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ,  
zakladniy@gmail.com

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОНАВАНТАЖУВАЧІВ**

Обираючи тяговий електродвигун для електроприводу (ЕП) електронавантажувача (ЕН), слід в першу чергу звернути увагу на галузь застосування та вимоги, що ставляться до ЕН. Загальні основні вимоги, які пред'являються тяговому ЕП: простота виготовлення; надійність; зручність обслуговування; легкість регулювання; простота системи керування; високий момент у всьому діапазоні частот обертання; придатність для рекуперативного гальмування; високий ККД.

Метою роботи є обґрунтування застосування ЕП з вентильними двигунами з постійними магнітами для ЕН. Для цього проведено порівняльний аналіз привода з вентильним двигуном (ВД).

**Напрямки та заходи для підвищення рівня енергоефективності ЕН.** Для більш ефективної роботи ЕН означимо основні напрямки та заходи підвищення їх рівня енергоефективності.

*Перший напрямок* полягає в економії електроенергії ЕН за рахунок підвищення ефективності виконання технологічного процесу. Для цього потрібно вжити такі заходи: контроль стану ЕН; узгодження режимів роботи установки при зміні навантаження; підвищення ККД ЕН; забезпечення нормованого завантаження; контроль стану ЕН; регулювання продуктивності ЕН; застосування Li-Ion АКБ.

*Другий напрямок* полягає у виборі раціонального типу ЕП для ЕН. Сюди входять: удосконалення процедури вибору двигуна для конкретної технологічної установки з метою дотримання номінального теплового режиму двигуна при експлуатації; перехід на енергозберігаючі двигуни та двигуни поліпшеної конструкції; використання вентильного двигуна; підвищення швидкодії ЕП; повернення енергії до АКБ при гальмуванні. Удосконалювання технологічних процесів безпосередньо пов'язано із застосуванням регульованого ЕП. Це сприяє вирішенню завдань забезпечення оптимальних режимів роботи механізмів, зростання продуктивності праці, підвищення ефективності використання енергії, надійності й строку служби устаткування.

*Третій напрямок* полягає у виборі раціональних режимів роботи й експлуатації ЕП. Сюди входять: вибір раціонального діапазону регулювання швидкості ЕП в залежності від технологічних умов роботи ЕН; вибір раціонального способу регулювання швидкості в залежності від характеру зміни навантаження; мінімізація струму і втрат енергії при зміні навантаження; оптимізація динамічних режимів.

Удосконалювання технологічних процесів безпосередньо пов'язано із застосуванням регульованого ЕП. Це сприяє вирішенню завдань забезпечення оптимальних режимів роботи механізмів, зростання продуктивності праці, підвищення ефективності використання енергії, надійності й строку служби устаткування.

**Вибір найбільш енергоефективного ЕП для ЕН.** Розглянемо три типи ЕП, які найчастіше використовуються в електричних навантажувачах, а саме: ВД; привод постійного струму (ППС); частотно-регульований привод (ЧРП). Результати порівняння зведено в табл. 1.

Порівняльний аналіз показав, що найбільш перспективним є ЕП з ВД на базі синхронної із збудженням від постійних магнітів, який має значно меншу вагу (в 1,5-2,5 рази менше в порівнянні з іншими), максимальний ККД і кращі регульовальні характеристики.

Таблиця 1 – Основні порівняльні характеристики тягових ЕП з двигунами: постійного струму, асинхронним і вентильним

Параметри	Тип тягового ЕП		
	ППС	ЧРП	ВД із збудженням від постійних магнітів
Максимальна потужність, кВт	40	40	40
Максимальний струм, А	410	500	192
Частота обертання			
- номінальна	2200	3000	5000
- максимальна	6700	8000	13000
Маса тягового двигуна, кг	92	70	26,4
Маса вентильного перетворювача, кг	8	22	22
Маса ТЕП, кг	109	92	48,4
ККД, %	75	85	94
Вартість ТЕП, у.о.	3500	5000	5400

**Дослідження та вибір оптимального способу керування ВД для ЕН.** Розглянемо три основні способи керування ВД.

*Перший (найпростіший) спосіб керування* полягає в підтриманні постійного значення кута випередження  $\beta_0 = const$ . При цьому джерелом напруги синхронізації служить датчик положення ротора (ДПР). Фазовий зсув між першою гармонікою струму і ЕРС холостого ходу:

$$\psi_1 = \varphi + \theta = \beta_0 - \frac{\gamma}{2},$$

де  $\varphi$  – кут зсуву між векторами основної гармоніки струму і фазної напруги;

$\theta$  – кут навантаження СМ;

$\gamma$  – кут комутації.

*Другий спосіб керування* полягає у підтримці сталим кут випередження  $\beta = const$ . Джерелом напруги синхронізації є датчик напруги статора (ДНС). В цьому випадку:

$$\psi_1 = \beta - \frac{\gamma}{2} + \theta$$

*Третій спосіб* полягає в підтриманні постійної величини кута запасу  $\delta$  на мінімальному рівні:

$$\beta_0 = \beta_{\min} = f(\gamma, \theta), \text{ при } \delta = \delta_{\min} = const;$$

$$\beta = \beta_{\min} = f(\gamma), \text{ при } \delta = \delta_{\min} = const.$$

При цьому

$$\psi_1 = \frac{\gamma}{2} \varphi + \delta_{\min}.$$

Цей спосіб є найбільш оптимальним та енергоефективним для роботи ЕП. Однак даний спосіб керування вимагає наявності датчиків кутів комутації та навантаження, а також системи імпульсно-фазового управління синхронізованої від ДПР або ДНС. Для цього способу керування параметри системи будуть постійно змінюватись для підтримки постійної величини кута запасу  $\delta$  на мінімальному рівні, для будь-якого режиму роботи двигуна. Отже, для реалізації цього способу керування ВД необхідно використати регулятор з fuzzy-логікою, котрий буде постійно змінювати необхідні параметри системи.

#### Список посилань.

1. Закладний О. М. Електропривод: Навч. посібник. / О.М. Закладний, В.В. Прокопенко, О.О. Закладний. – К.: Видавництво «Освіта України», 2009. – 351 с.

УДК 504.453 (332.2)

Омелич І. Ю., асистент

Непошивайленко Н. О., канд. техн. наук, доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, [science@dstu.dp.ua](mailto:science@dstu.dp.ua)

Корнієнко І. М., канд. техн. наук, доцент

Національний авіаційний університет, м. Київ

## ВИЗНАЧЕННЯ ВОДООХОРОННОЇ ЗОНИ Р. ОРІЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Надмірне антропогенне навантаження на малі річки України спонукає до створення водоохоронних обмежень у використанні земель, що межують з водними об'єктами. Водним Кодексом України [1] визначено необхідність створення прибережної захисної смуги як природоохоронної території з режимом обмеженої господарської діяльності. Проте, не завжди такі зони визначено коректно, із застосуванням методик щодо їх розрахунку з урахуванням коефіцієнтів переходу та поправок до ширини водоохоронної зони від межі можливого затоплення до зовнішньої межі водоохоронної зони, що враховують зміну крутості схилу [2].

Для детального розмежування водоохоронних зон та прибережних захисних смуг у їх складі з метою раціонального природокористування земель навколо водних об'єктів доцільним є застосування сучасних підходів геоecологічного картографування, а саме геоінформаційні системи та технології. Так, наприклад, водоохоронне обмеження використання земель рекомендовано створювати не лише в зоні сучасного існування річки, а й вздовж пересохлого історичного русла та навколо його витоків [3]. Саме для визначення зниклих ділянок водних об'єктів використовуються геоінформаційні технології.

Наприклад, р. Оріль (ліва притока р. Дніпро), має відсічену частину русла та доволі звивисте русло, тому деякі ділянки річки з часом пересихають, утворюються нові протоки. З іншого боку, значне антропогенне навантаження на річку з утворенням водосховищ та ставків, сумарний об'єм яких значно перевищує стік ріки у маловодний рік 95 % забезпеченості, що суперечить сучасним вимогам Водного Кодексу України, також призводить до часткових втрат постійно діючого русла р. Оріль та його розсічення на тимчасові та малостійкі водотоки.

Таким чином, для детальної розробки водоохоронних зон та прибережних захисних смуг р. Оріль спочатку оцифровано русло ріки за супутниковими знімками високої розподільної здатності. Далі розроблено цифрову модель рельєфу високої розподільної здатності ASTER 3, на основі якої змодельовано водозбірну область річки, використовуючи інструменти геоінформаційного аналізу. Спираючись на модель водозбірної області розраховано крутизну схилів. За результатами проведених розрахунків у межах водозбірного басейну р. Оріль виділено водозбірні басейни річок нижчих порядків як фактично існуючих, так і втрачених витоків річки, її струмків та їх тальвег у випадку деградації річки, її замулення та пересихання, а також визначено втрачені історичні потоки, навколо яких шляхом створення буферної зони розроблено прибережну захисну смугу р. Оріль.

Таким чином, використання геоінформаційних технологій надало можливість уточнити русло річки, що дозволить скорегувати встановлення захисних зон р. Оріль та вплине на управління господарською діяльністю з використання земель навколо річки.

### Список посилань

1. Водний кодекс України. Постанова ВР N 214/95-ВР від 06.06.95, Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, N 24, ст.190.
2. Методика упорядкування водоохоронних зон річок України, К.: Оріяни, 2004. – 128 с.

3. Shevchuk, Serhii & Kozyt'skyi, O.. (2016). Методика з визначення меж водоохоронних зон, прибережних захисних смуг і смуг відведення з особливим режимом використання (з урахуванням проекту змін до Водного Кодексу України).

УДК 621.941-229.3:531.133

**Білоус І. Ю., канд. техн. наук**

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ, biloys\_inna@ukr.net

**Буяк Н. А., канд. техн. наук**

**Овада Н. О.**

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
[korovaj.te@gmail.com](mailto:korovaj.te@gmail.com)

## ОЦІНКА РІВНЯ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТУ У ПРИМІЩЕННЯХ З ОСОБЛИВО ЧУТЛИВИМИ ЛЮДЬМИ

Підвищення рівня енергоефективності і забезпечення вимог щодо комфорту в приміщеннях в умовах повоєнної розбудови є актуальною задачею. Особливу увагу слід приділяти комфортним умовам під час підвищення рівня енергоефективності для об'єктів з особливо чутливими людьми.

Об'єктом дослідження є лікарня 1989 року будівництва, яка знаходиться в І температурній зоні України. Розрахунково встановлено, що клас енергоефективності G [1], питоме енергоспоживання 85 кВт·год/м<sup>3</sup>, питомі викиди парникових газів 95,96 кг/м<sup>2</sup>. Для будівлі лікарні розроблено комплекс заходів щодо покращення теплозахисних властивостей оболонки будівлі відповідно до мінімальних вимог [2].

Для аналізу забезпечення нормативних значень щодо температури повітря у приміщенні і вологості встановлено датчики температури та вологості у палатах та кабінеті лікаря з 21.02 – 28.02.2023, інтервал реєстрації даних для палати №6 та кабінету 102 - 30 хв, для палати №8 - 15 хв. Для фіксування температури в приміщеннях використані автономні електронні накопичувачі-реєстратори температури ТЕРМОХРОН DS1922 (контактні температурні реєстри корпусного виконання MicroCAN з автономним живленням від літійової батареї). Дані щодо зміни температури та вологості представлені на рис.1 та 2.

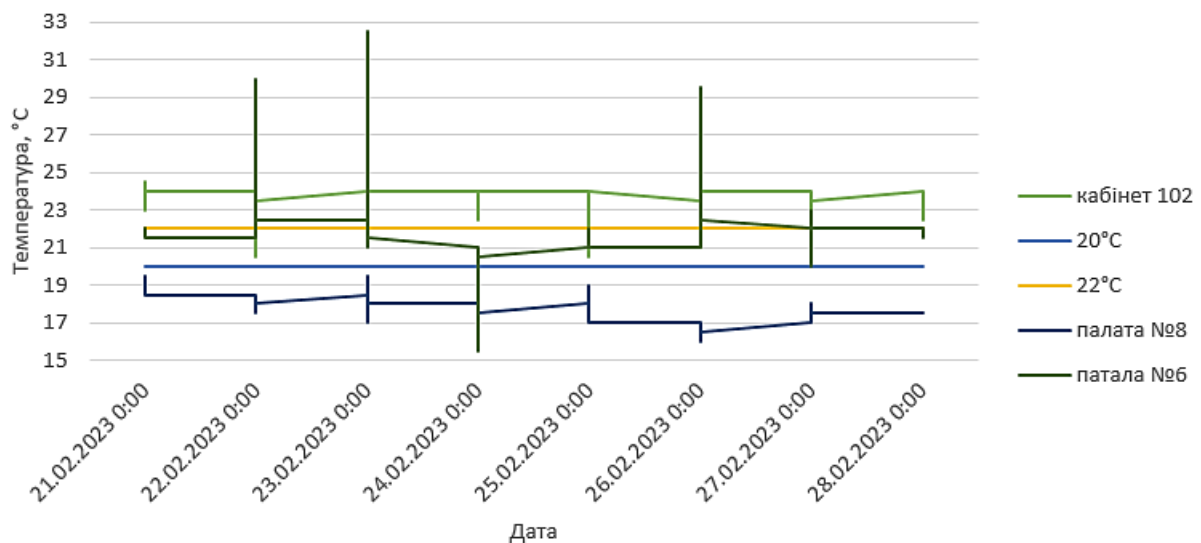


Рис. 1 – Зміни температури в палаті №6, №8 та кабінеті 102

На основі аналізу встановлено, що середні значення температури 22,1°C, 17,8°C та 23,75°C для палати №6, №8 та кабінету відповідно; максимальні значення температури 32,5°C, 25°C та 25°C для палати №6, №8 та кабінету відповідно; мінімальні значення



температури 15,5°C, 16°C та 20,5°C для палати №6, №8 та кабінету відповідно. Мінімальні значення для палати №8 припадають на нічні години, а для палати №6, де характерні суттєві відхилення від нормативних значень припадають на ранкові години з 8:00 до 10:30. Максимальні значення температур пояснюються надходженням сонячного випромінювання.

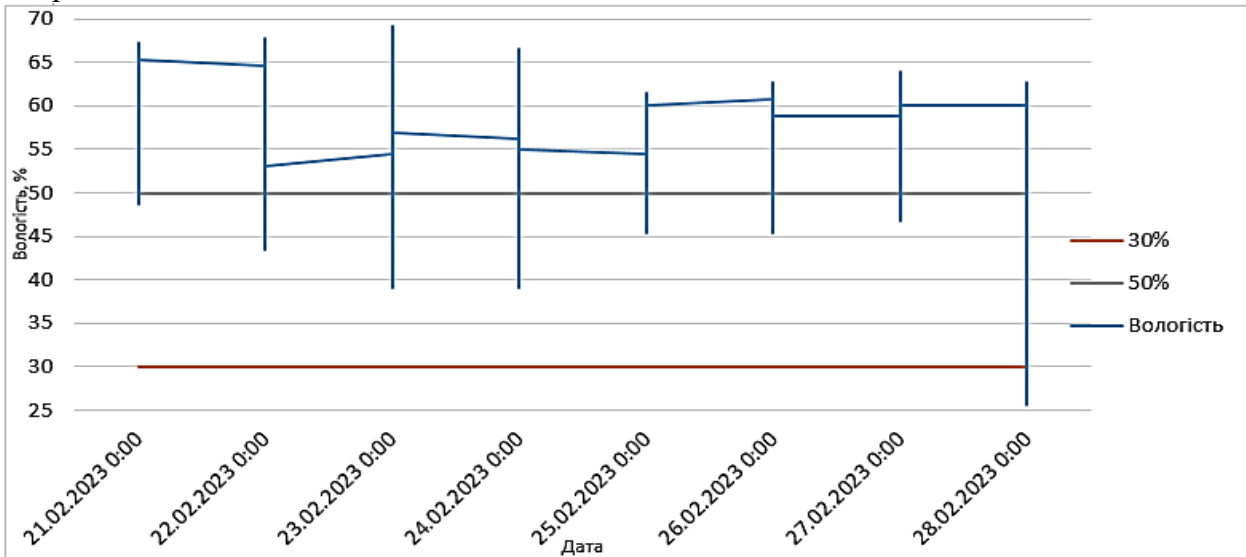


Рис. 2 – Зміни вологості в палаті №8

Датчик вологості встановлено в палаті №8, встановлено мінімальне значення вологості 25,6 %, максимальне 69 %, а середнє 54,6 %. Відповідно до підвищених оптимальних вимог діапазон вологості становить 30-50%, а оптимальних 25 – 60%. Оскільки лікарня належить по категорії А щодо забезпечення комфортних умов, то там слід дотримуватися підвищених оптимальних вимог, які наведено у таблиці 1 [3].

Таблиця 1 – Діапазон відносної вологості повітря для кімнат з підвищеними оптимальними вимогами до мікроклімату [3].

Умови мікроклімату	Відносна вологість повітря, %
Підвищені оптимальні	30-50
Оптимальні умови	25-60
Допустимі	25-70
Обмежено допустимі	Менше 20 та більше 70

**Висновки.** Аналіз температур та вологості показав відхилення від нормативних значень, впровадження заходів з енергоефективності дозволить підвищити рівень термічного опору огорожувальних конструкцій і середню радіаційну температуру в приміщенні, особливо для кутової кімнати, де характерний найвищі відхилення. Подальші дослідження полягатимуть в оцінці показників теплового комфорту та використанні відновлювальних джерел енергії.

#### Список посилань

1. НАКАЗ 27.10.2020 № 261. Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 17 грудня 2020 р. за № 1254/35537.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель, чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. 2021.
3. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання, чинний від 2023-03-01. Вид. офіц. 2022.

УДК 697:34:697.4

Єщенко О.І., канд. техн. наук, доцент  
Розумна Д.О., студентка

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», [doc44ent@gmail.com](mailto:doc44ent@gmail.com)

### МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ БУДИНКУ

Використання в теплових пунктах систем теплопостачання автоматичних пристроїв для керування режимами роботи різноманітних та численних споживачів і узгодження їх із загальним режимом роботи джерел теплоти та теплової мережі забезпечує надійне функціонування системи теплопостачання та економічне споживання теплоти [1]. Автоматизація, окрім об'єкта керування, вимагає додаткового застосування давачів (сенсорів), керуючих пристроїв (контролерів із засобами вводу-виводу), виконавчих механізмів та у переважній більшості базується на основі використання електронної техніки та методів обчислень, поряд з моделюванням основних процесів з використанням сучасного програмного забезпечення [2]. Пропонується спосіб управління теплоспоживанням в системі опалення будинку з автоматизованим індивідуальним тепловим пунктом та елеваторним вузлом.

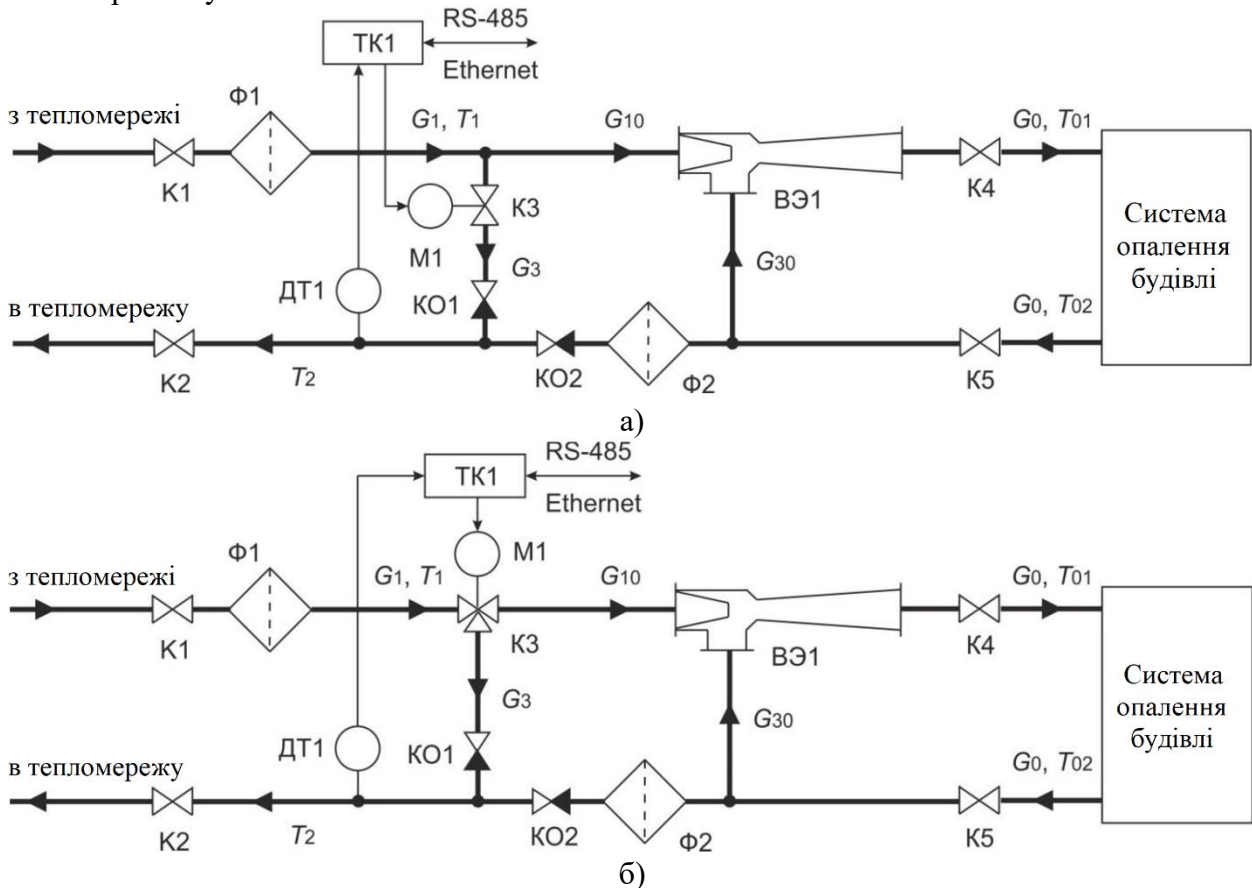


Рис. 1 – Блок-схеми теплового пункту будинку на основі елеваторного вузла з сідельним (а) та триходовим (б) регулюючими клапанами

Для підвищення ефективності функціонування системи теплопостачання будівлі з автоматизованим ІТП і елеваторним вузлом (рис. 1) необхідно підтримувати задані витрати теплоносія на вході в елеватор, які залежать від положень штоків регулюючих клапанів в будівлях з ІТП. У зв'язку з цим, елеваторні вузли необхідно обладнати регулюючими клапанами К3 (сідельним або триходовим розділювальним) з виконавчими механізмами М1,

як представлено на рис. 1. Оскільки опір водострумного елеватора ВЕ1 істотно перевершує опір перемички з клапаном КЗ, то для поділу потоку теплоносія з витратою G1 на G10 і G3 (скидається) не потрібна установка спеціального насоса. Отже, основними вхідних сигналів є задана витрата теплоносія перед елеватором G10, а також витрата G1 і температура T1 теплоносія на ввіді в тепловий пункт будівлі. Вихідні сигнали - витрата G3 теплоносія через перемичку з клапаном КЗ і температура T2 теплоносія на виході теплового пункту.

За балансовим рівнянням витрата теплоносія через клапан КЗ визначається як:

$$G_3(t) = G(t) - G_0(t) \quad (1)$$

Тоді закон збереження кількості теплоти у вузлі змішування набуде вигляду:

$$G(t) T_2(t) = G_{10}(t) T_{02}(t) + G_3 \quad (2)$$

З урахуванням (1), (2) та відповідно схем на рис. 1 математична модель системи управління опаленням будівлі з елеваторним вузлом у вигляді структурної схеми представлена на рис. 2 регулятор спільно з ВМ здійснює управління становищем штока (затвора) КЗ з метою забезпечення заданої витрати G10. При цьому на вхід регулятора подається величина неузгодженості  $\epsilon$ , яка визначається як:

$$G_{3d} - G_3 = G_1 - G_{t0} - G_3, \quad (3)$$

де  $G_{3d}$  – задана витрата теплоносія через перемичку з клапаном КЗ.

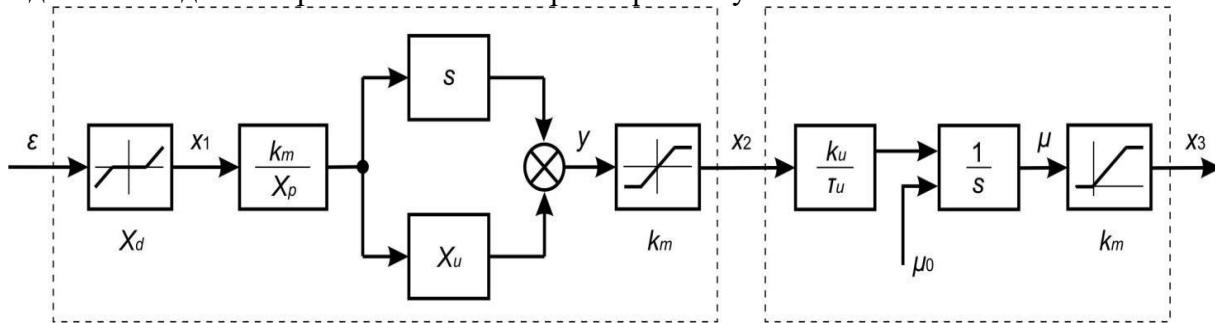


Рис. 2 – Структурна схема регулятора з виконавчим механізмом

Застосування автоматизованого управління теплоспоживанням в системі опалення будинку дає можливість зменшити витрати теплової енергії на 20 – 25 відсотків.

#### Список посилань

1. Єремєєв І.С. Энергозбереження в житлово-комунальному господарстві: навч.-метод. посібник/ І.С. Єремєєв, О.І. Єщенко. – Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2021. – 352 с.
2. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. / В.В. Пырков. – К.: ДП «Такі справи», 2007. – 252 с.

УДК 502:626

**Квашук Ю.В., канд. техн. наук**

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, kvashukj@ukr.net

### ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАРЕГУЛЬОВАНості МАЛИХ РІЧОК НА ПРИКЛАДІ БАСЕЙНУ Р. МЕНА

Однією з причин виснаження малих річок є надмірна зарегульованість стоку в результаті будівництва гідротехнічних споруд (ГТС). ГТС використовуються для здійснення водокористування, водоспоживання та боротьби із затопленням територій під час паводку та водопілля. ГТС створюють суттєве техногенне навантаження на природне середовище особливо в результаті порушення правил їх експлуатації, впливаючи на рівень ґрунтових вод, процеси заболочування, інфільтрації, перерозподіл стоку [1].

Важливою екологічною проблемою Менської територіальної громади є екологічний стан басейну р. Мена [2, 3]. З метою акумуляції води були побудовані руслові ставки, які, на жаль, в критичному стані. Заходи щодо врегулювання рівня води у ставках шляхом зміни глибини, об'єму та площі водного дзеркала не принесли бажаних результатів. На сьогодні наповненість водойм становить від 40 до 60% від повного об'єму. На деяких притоках, наприклад Сперш, ставки висохли повністю. Пересиханню річок басейну сприяє зарегульованість у верхів'ях ще з радянських часів, що суперечить вимогам водного законодавства України та Водної Рамкової Директиви [4].

В межах басейну р. Мена функціонує меліоративна система «Чамарово» з 1977 року. Загальна протяжність р. Мена – 61 км. З них 17,8 км є водоприймачем меліоративної системи «Чамарово», який разом з 4 розташованими на ньому шлюзами знаходиться на балансі Деснянського басейнового управління водних ресурсів. Загальна протяжність р. Дягова становить 22 км, з них 5,1 км є водоприймачем меліоративної системи «Чамарово» з 1 регуляторним шлюзом (РШ). РШ наведено в таблиці 1 та на рис. 1 згідно нумерації в таблиці.

Таблиця 1 – Шлюзи-регулятори на р. Мена та р. Дягова

1	2	3	4	5
РШ-1 ПК 59+90	РШ-2 ПК 108+30	РШ-3 ПК 27+70	РШ-4 ПК 130+00	РШ -5 ПК 145+50
біля с. Осьмаки	біля с. Осьмаки	біля с. Дягова	між с. Осьмаки та с.Феськівка	біля с. Феськівка

Характеристика споруд:

- 1) матеріал – залізобетон;
- 2) відмітка НПП – 114 м БС;
- 3) напір при НПП – 2 м;
- 4) вид регулювання – затвор (щити, клапанний);
- 5) пропускна здатність – макс. 22 м<sup>3</sup>/с, норм. 10 м<sup>3</sup>/с.



а)



б)



в)



г)



д)

Рис. 1 – Гідротехнічні споруди на меліоративному комплексі (р. Мена та р. Дягова) осушувальної системи «Чамарово»: а – 1, б – 2, в – 3, г – 4, д – 5

### Список посилань

1. Гідротехнічні споруди: навч. посіб. / В.В. Чернюк, О.Г. Гвоздецький, А.В. Мусієнко.– Львів: Львівська політехніка, 2017. – 208 с.
2. Ралко А.О. Екологічні проблеми малих річок на прикладі р. Мена / А.О. Ралко // «Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2021): II Міжнародна науково-практична конференція (м. Чернігів, 17 грудня 2021 р.): тези доповідей: у 2 ч. Ч. I. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – С. 33-34.
3. Квашук Ю.В., Шамрук М.С. Екологічні проблеми Менської територіальної громади в контексті екологічної безпеки Чернігівської області / Ю.В. Квашук, М.С. Шамрук // Science and Innovation of modern world: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. – London, United Kingdom, 2022. – Pp. 31-34 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sci-conf.com.ua/iii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-innovation-of-modern-world-24-26-11-2022-london-velikobritaniya-arhiv/>
4. Чому пересихає Мена? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.che.cn.ua/index.php/all-news/item/4606-chomu-peresykhaie-mena>

УДК 620.91:551.521.37

**Кихтенко Я. В., аспірант**

**Тимофєєв В. Є., докт. геогр. наук**

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ  
tvvladys@gmail.com, ykihtenko@gmail.com

## ЛІНІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ФРЕНЕЛЯ ЯК НАЙБІЛЬШ УНІВЕРСАЛЬНИЙ ТА ЕКОЛОГІЧНО – СТІЙКИЙ РІЗНОВИД КОНЦЕНТРОВАНОЇ ЕНЕРГІЇ

Сонячний колектор – це пристрій, який збирає та/або концентрує сонячне випромінювання. Ці пристрої в основному використовуються для активного сонячного опалення і дозволяють нагрівати воду. Вони піддаються впливу різним погодно – кліматичним умовам та наслідкам зміни клімату, зокрема впливу стихійних метеорологічних явищ (СМЯ) та небезпечних явищ (НЯ), що подані у спеціальному коді WAREP [1].

Концентрована сонячна енергія (CSP) генерує електроенергію за допомогою дзеркал. Дзеркала сприймають та в свою чергу відбивають сонячне світло на теплоносії (за загально - фізично – оптичним принципом кут падіння дорівнює куту відбивання). Сіль, вода та олія зазвичай використовуються для передачі тепла, яке виробляє водяна пара, через парообмінник для приводу турбінного генератора. Виробництво електроенергії за допомогою CSP відбувається шляхом перетворення світла в тепло. Це тепло приводить в рух парову турбіну, підключену до генератора електроенергії. А генератор електроенергії виробляє власне саму електроенергію, після чого вона надходить до споживачів.

Існують різні типи технології CSP, і кожен тип складається з концентратора та приймача [2]:

- концентратор фокусує сонячне світло на приймачі, щоб збільшити кількість отриманої енергії;
- приймач переміщує рідину, яка використовується для видалення енергії випромінювання.

Великі підприємства концентрованої сонячної енергії можуть бути оснащені системами акумулювання тепла для постачання теплової енергії споживачам та генерування електричної енергії як вночі, так і у випадку, якщо день хмарний із суцільною хмарністю [4].

Технологія концентрованої сонячної енергії поділяється на два колектора, а саме: лінійно-фокусуєчі колектори та точкові. Лінійно-фокусуєчі колектори направляють сонячне випромінювання на трубку з однією системою стеження. Технологія точкового фокусування фокусує сонячне світло на точці і має дві системи відстеження Сонця.



Лінійна технологія Френеля відноситься до лінійно-фокусуєчих колекторів (рис. 1). Ця технологія може досягати максимальних температур резервуару тепла, де розташований турбінний генератор, що виробляє електроенергію із сонячної, у розмірі 120 °С і 450 °С відповідно. Лінійна технологія Френеля складається з безлічі плоских дзеркал, які можна повертати, щоб відстежувати Сонце і визначати параболічну концентрацію на трубці, яка знаходиться на верхній частині дзеркал. Лінійний метод Френеля - це технологія лінійного фокусування і потребує одновісної системи відстеження Сонця. Цей тип технології є більш економічно вигідним, ніж параболічні жолоби, і займає меншу площу ділянки території, ніж інші технології CSP [2].



Рис.1 – Лінійний колектор Френеля [2]

Також була проведена оцінка сталого розвитку різних альтернатив виробництва тепла [2, 3]. При дослідженні порівнювалась стійкість сонячного концентратора Френеля та 12 інших альтернативних виробників тепла. Результати досліджень показують, що обладнання Френеля є найбільш екологічно стійким з-поміж інших технологій, оскільки воно не викидає навіть найменші концентрації парникових газів антропогенного генезису у атмосферу Землі [2].

Отже, використання лінійного методу Френеля з-поміж інших технологій концентрованої сонячної енергії є не лише тим методом, що надає максимальну потужність як сонячної, так і перетвореної із неї електричної енергії при мінімальних економічних затратах для різних потреб діяльності людини, а й забезпечує максимальну екологічну стійкість цього виду енергії з-поміж інших. В результаті цього, при використанні лінійного методу Френеля не відбувається жодного забруднення жодних із складових довілля, до яких відноситься й атмосфера Землі. Тому, лінійний метод Френеля є найбільш універсальним та корисним методом отримання електроенергії, перетвореної із сонячної енергії.

#### Список посилань

1. Solar collector. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Solar\\_collector](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Solar_collector)
2. Mahloko M.P. Sustainability principles and EIA report quality in renewable energy projects. – North-West University. – South Africa, May 2019.
3. Кихтенко Я.В. Роль сонячної енергетики та мінливості клімату для підтримання (сталого розвитку) національної економіки. / Кихтенко Я.В., Тимофєєв В.Є. // Збірник матеріалів VII Міжнародного конгресу Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування, Львів, Україна, 12-14 жовтня 2022.
4. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Енергія сонця. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>



УДК 681.518.5

Москаленко О.М., магістрант  
 Фешанич Л.І., канд. техн. наук, доцент  
 Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
 oleksandr.moskalenko-akpm221@nung.edu.ua

## РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Одним з найважливіших аспектів економічного розвитку України є енергозбереження та енергоефективність. Основними споживачами енергії є промислові підприємства і населення. Тому важливим є аналіз типового промислового підприємства, що використовує енергію для виробництва продукції.

На підприємстві наявне відповідне технологічне обладнання, яке безпосередньо бере участь у створенні продукту. Дане обладнання проектується та доставляється виробником і має свою систему керування, моніторингу і контролю. Але окрім технологічного обладнання на підприємствах є ще інші забезпечуючі системи, які не беруть безпосередню участь у створенні продукту, а саме: система електропостачання, система газопостачання, система водопостачання, система водовідведення, котельні установки для забезпечення гарячої води, пари і відповідні теплові мережі, компресорні установки, насосне обладнання, холодильні установки, вентиляція та інші. Зазвичай окремі енергетичні системи підприємства розроблені різними організаціями і не зв'язані між собою надрівневим управлінням. Такі системи дуже часто працюють в режимі, незалежному від режиму роботи технологічного обладнання, і не виконують базове правило ефективної роботи: “Працювати тільки в потрібній кількості, в потрібному місці і в потрібному часі”. Вирішити цю проблему допоможе розроблення автоматичної системи керування енергозабезпеченням, що поєднає в собі надрівневим управлінням всі системи енергозабезпечення в одну систему керування, моніторингу і контролю, використовуючи програмно-технічний комплекс [1].

Розроблено Scada для системи тепlopостачання виробничої дільниці (рис. 1), де на одному екрані присутні всі елементи керування і контролю, з можливістю повністю автоматичної роботи або ручного керування в дистанційному режимі (так званий диспетчерський контроль), що дозволяє підтримувати оптимальні параметри процесу з мінімальним споживанням газу. Таке технічне рішення дозволить раціонально використовувати енергоресурси і підвищить енергоефективність.

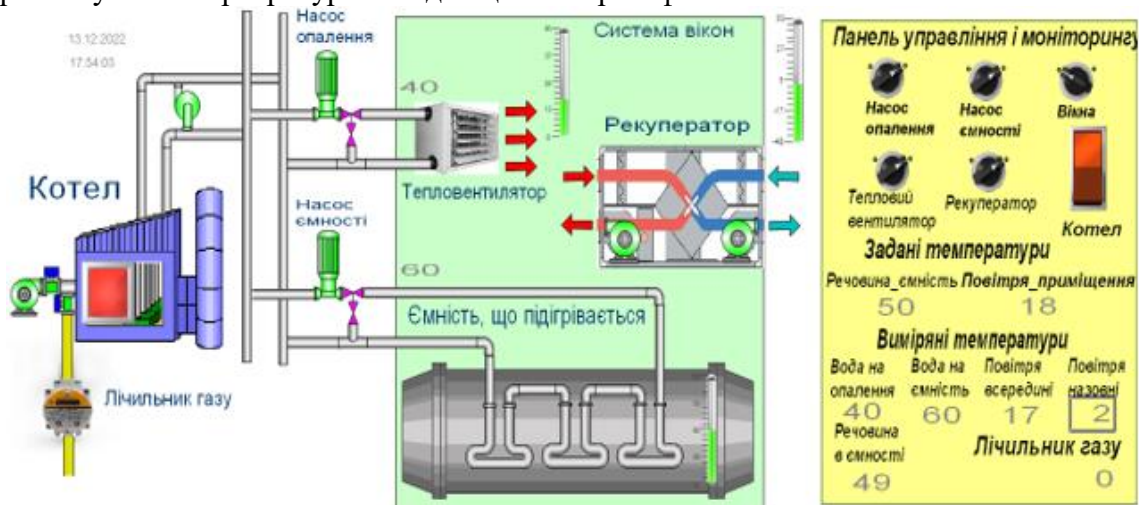


Рис. 1 – Вікно Scada-системи

Розглянута можливість модернізувати діюче обладнання для вирішення проблеми дотримання оптимальної суміші газ-повітря в котлі, що має визначальний вплив на

економію газу. Від кількості газу і повітря, а саме дотримання об'ємних часток пропорції суміші, залежить чи буде повне чи неповне згорання газу. Існують різні аналітичні і математичні моделі аналізу, щоб досягати оптимальної пропорції суміші [2, 3]. Однак на практиці все це дуже складно реалізувати.

Запропоновано використання надрівневого управління (рис.2). В димову трубу монтується аналізатор димових газів, що безперервно вимірює хімічний і кількісний склад компонентів, а на живлення двигуна нагнітаючого вентилятора повітря монтується частотний привід (VSD), що регулює оберти і, відповідно, продуктивність вентилятора. Це все підключається до Scada-системи. Аналізатор видає аналогові сигнали про вміст димових газів, в даному випадку потрібно тільки кількість CO і O<sub>2</sub>. Програма керування задає швидкість вентилятора щоб досягти бажаного значення тільки двох параметрів – відсутність CO і мінімальний рівень O<sub>2</sub>. Котел функціонує як раніше, а зовнішня система підрегулює швидкість вентилятора, для підтримання оптимальної суміші газ-повітря.

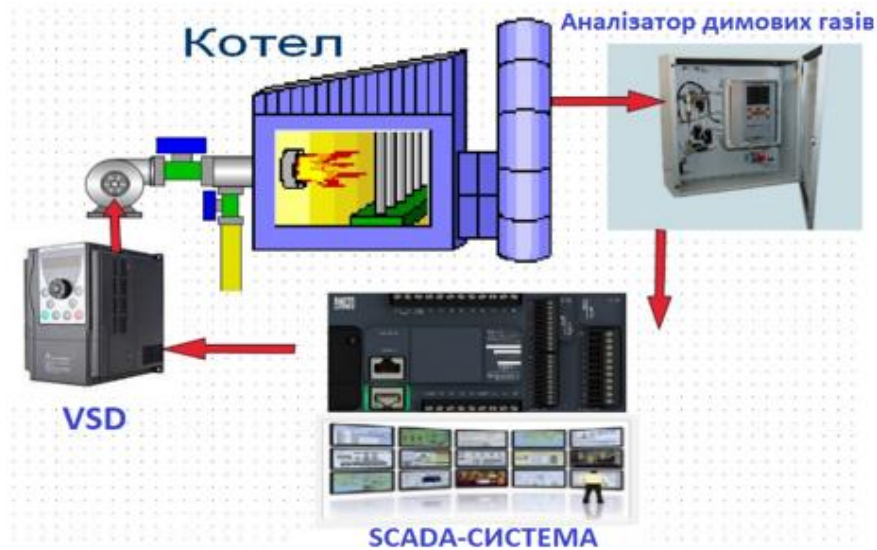


Рис. 2 – Функціональна схема контролю і регуляції суміші газ-повітря

Розроблення автоматичної системи керування енергозабезпеченням промислового підприємства є важливим завданням, оскільки чим більше є окремих елементів, які не зв'язані між собою, тим більше є місць потенційних втрат і неефективної роботи. Тому з'єднання цих всіх елементів в одну систему керування, моніторингу і контролю дозволить мінімізувати втрати енергії і працювати для підвищення енергоефективності.

#### Список посилань

1. Лагойда А. І. Програмно-технічні комплекси та програмне забезпечення автоматизованих систем управління технологічними процесами. Лабораторний практикум. / А.І. Лагойда, Л. І. Лагойда. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. – 212 с.
2. Посилкіна О. В. Контроль якості процесу спалювання природного газу в котлоагрегатах в умовах фармацевтичного виробництва / О.В. Посилкіна, Ю. А. Бабіченко, Я. Г. Онищенко // Управління, економіка та забезпечення якості в фармації. – 2009. – № 4. – с. 24-27.
3. Серт І.В. Модель спалювання природного газу змінного складу в котлі / І.В. Серт, К.В. Беглов // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2021. – 3/23. – с.142-146.

УДК 681.518.5

**Холява І.В., магістр**  
**Фешанич Л.І., канд. техн. наук, доцент**  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, ivan.kholiava-akpm221@nung.edu.ua

## **ВИКОРИСТАННЯ BELT PRESS FILTER ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВОЛОГОСТІ ТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕКОНОМІЇ РЕСУРСІВ**

Розвиток технологій дає безліч інновацій, які здатні полегшили та покращили процеси виробництва. Одним з найбільш ефективних прикладів є Belt Press Filter, який забезпечує високу якість фільтрації. Технології цього типу мають значні переваги, такі як велика ефективність фільтрування, висока якість відфільтрованих матеріалів, заощадження часу та грошей, простота та надійність в експлуатації, а також можливість використання в різних галузях та екологічність. Використання таких технологій дає змогу досягти максимальної продуктивності та якості при мінімізації витрат.

Принцип роботи Belt Press Filter (рис.1) полягає в наступному: суміш твердих речовин та рідини надходить на натягнуту гумову стрічку, яка перебуває в горизонтальному положенні. Спочатку, суміш знаходиться в зоні подачі матеріалу. Тут, під дією ваги тверді частки відокремлюються від рідини. Потім, зона "стискання", де матеріал стискається на стрічці, що дозволяє видалити залишкову рідину. Наступною стадією є зона "промивки", де до твердих часток додається вода, яка допомагає видалити додаткову рідину та забезпечити якісний віджим. Нарешті, тверді частки відокремлюються повністю та видаляються зі стрічки в зоні видалення матеріалу.

Основні переваги технології Belt Press Filter:

1. Висока ефективність фільтрації дозволяє видаляти різні типи забруднень з матеріалу, завдяки високій густині фільтрувального матеріалу та оптимальному тиску фільтрації. Це робить можливим досягати високої ефективності та знижувати витрати на очищення та обслуговування.

2. Забезпечення високої якості відфільтрованих матеріалів, що дозволяє видаляти забруднення, яке не може бути видалене іншими методами, забезпечує чистоту та якість продукту.

3. Відфільтровування великих обсягів матеріалу, що досягається завдяки високій продуктивності та швидкості роботи цього обладнання. Крім того, Belt Press Filter дозволяє якісно відокремлювати відходи від корисних матеріалів. Це забезпечує економію коштів на переробку та зниження витрат на зберігання відходів.

4. Компактність, простота, надійна конструкція та витривалість, яка забезпечує легкий доступ до всіх складових частин обладнання та простоту у використанні і підтримці. Легко, дешево та протягом невеликим часу можливо виконувати ремонт, технічне обслуговування, заміну деталей. Ця особливість значно покращує досвід експлуатації.

5. Використання технології у різних галузях, зокрема у хімічній та нафтовій промисловості, де він може застосовуватись для видалення різних забруднень та рідин з нафти та газу.

6. Є екологічним рішенням, оскільки дозволяє зменшити витрати на зберігання та переробку відходів. Дозволяє ефективно відфільтровувати матеріал та забезпечувати його повторне використання, що зменшує вплив на навколишнє середовище.

7. Забезпечує значну економію часу та праці. За допомогою цього обладнання можна значно зменшити кількість часу, необхідного для процесу фільтрації, а також зменшити кількість людських ресурсів, необхідних для контролю за процесом. Більше того, процес може бути повністю автоматизований, що зменшує ризик помилок та покращує якість продукту.

8. Дозволяє підприємству ефективніше використовувати матеріали та ресурси. Після фільтрації тверді матеріали можуть бути перероблені або використані в інших процесах, що зменшує кількість відходів та забезпечує економію коштів на закупівлю нових матеріалів. Більше того, за рахунок видалення твердих матеріалів з води чи розчинів, підприємство може зменшити витрати на очищення води та дотримуватись екологічних норм.

9. Забезпечити високу якість, в процесі фільтрації, шляхом точного видалення твердих матеріалів, що забезпечує стандарти якості продукту. Крім того, використання Belt Press Filter зменшує кількість небажаних домішок у продукті, що робить його безпечнішим для споживача.

10. Дозволяє підприємству забезпечити більш ефективне використання простору для зберігання твердих матеріалів. Через те, що вода чи розчин, які пройшли через фільтр, містять меншу кількість твердих матеріалів, у свою чергу це забезпечує економію місця для зберігання та зменшує витрати на складування твердих матеріалів.

11. Забезпечує підприємству можливість виконувати процес фільтрації на місці виробництва. Це означає, що не потрібно перевозити тверді матеріали до інших місць для їх фільтрації, що зменшує витрати на транспортування та зменшує ризик пошкодження матеріалів під час транспортування.

Введення технології Belt Press Filter в складні виробничі процеси може значно покращити ефективність та продуктивність підприємства. Він є чудовим вибором для підприємств, які працюють зі значним обсягом твердих матеріалів, таких як харчові відходи, шлам, відходи паперової промисловості, та інші матеріали, які потрібно видалити з води чи розчинів.

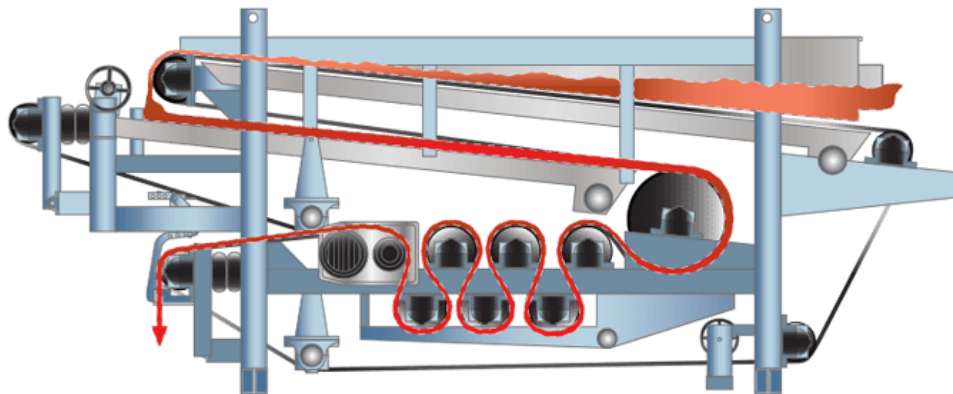


Рис. 1 – Схематичне зображення Belt Press Filter

Враховуючи всі переваги, застосування технології Belt Press Filter є ефективним та перспективним рішенням для підприємств, які стикаються з проблемою видалення твердих матеріалів з великих об'ємів рідини. Застосування цієї технології може значно покращити продуктивність та ефективність виробництва, а також забезпечити високу якість продукту та економію ресурсів в різних галузях виробництва.

#### Список посилань

1. Custom Sludge Dewatering Equipment & Systems From BDP Industries [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bdpindustries.com/our-products/dewatering/> (дата звернення: 20.04.2023).
2. StackPath [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.waterworld.com/home/article/16192523/better-bearing-design-beats-belt-filter-press-loads> (дата звернення: 22.04.2023).
3. Belt filter press [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dewater.com/belt-filter-press/> (дата звернення: 23.04.2023).
4. Filter presses [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dewater.com/filter-presses/> (дата звернення: 25.04.2023).

УДК 544.2

Макєєва І. С., канд. хім. наук, доцент  
Гайдай І. О., студент

Київський національний університет технологій та дизайну, irenmakeeva05@gmail.com

## СИНТЕЗ ФОТОКАТАЛІЗАТОРІВ НА ОСНОВІ ОКСИДІВ МЕТАЛІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Очищення виробничих стічних вод від розчинених органічних сполук є актуальною задачею. Фотокаталіз дає унікальну можливість глибоко окислювати органічні сполуки в м'яких умовах, а простота самих пристроїв дозволяє сподіватися на перспективи використання фотокаталізу на практиці. Процес відбувається у присутності фотокаталізатору на основі оксидного напівпровідникового матеріалу під дією електромагнітного опромінення. Тому виникає необхідність в розробці, виготовленні та дослідженні нових стабільних фотокаталізаторів, які здатні працювати під дією видимого діапазону сонячного випромінювання.

Для очищення стічних вод пропонується використання фотокаталізаторів на основі наночасток, які за рахунок своїх унікальних властивостей мають високу фотокаталітичну активність. Хімічними та електрохімічними методами синтезовано напівпровідникові матеріали на основі оксидів металів, таких як  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{SnO}_2$ . Це перспективні напівпровідники для фотокаталізу завдяки нетоксичності, хімічній стійкості та їх високій реакційній здатності. Вони є ефективними фотокаталізаторами, які працюють у видимому діапазоні сонячного випромінювання.

Абсорбційні властивості синтезованих матеріалів визначалися за допомогою спектроскопії в УФ-видимому діапазоні. Для підтвердження поглинання видимого світла синтезованими фотокаталізаторами, були побудовані графіки для визначення ширини забороненої зони (ШЗЗ). Основним параметром напівпровідника при його використанні у прямому фотокаталізі є ШЗЗ (значення енергії, яке необхідне для розділення пари електрон-дірка). Для кожного фотокаталізатору є активним світло, яке має кванти енергії більші, ніж ШЗЗ.

Фотокаталітичну деградацію органічних забруднювачів з синтезованими фотокаталізаторами виконували за методикою [1]. Фотокаталіз є особливо корисним для усунення біологічно токсичних, стійких до деградації матеріалів, таких як ароматичні речовини, пестициди, компоненти нафтопродуктів і летючі органічні сполуки в стічних водах. Матеріали-токсиканти в значній мірі перетворюються в стабільні неорганічні сполуки (вода, діоксид карбону і солі), тобто проходять мінералізацію [2].

Існують пілотні фотокаталітичні установки та реактори, які пропонуються для роботи з великими об'ємами водних ресурсів. Це підтверджує можливість впровадження даного типу обладнання у стандартний процес промислового виробництва. Найбільш перспективне використання отриманих фотокаталізаторів для очищення стічних вод в накопичуваних резервуарах і відстійниках. Показано, що пестициди, які використовуються в сільському господарстві, в водоймах руйнуються протягом кількох місяців. Додавання невеликих кількостей нешкідливих фотокаталізаторів дозволяє скоротити цей час до декількох днів без використання штучних джерел світла, так як процес йде під дією сонячного світла.

### Список посилань

1. Liu G. Solid-phase photocatalytic degradation of polyethylene film with manganese oxide OMS-2 / G. Liu, S. Liao, D. Zhu, J. Cui // Solid State Sciences. – 2011. – V.33. – N. 13(1). – p. 88-94.
2. Luna A. Photocatalytic Hydrogen Evolution Using Ni-Pd/TiO<sub>2</sub> : Correlation of Light Absorption, Charge-Carrier Dynamics, and Quantum Efficiency / A. Luna, D. Dragoie, K. Wang, P. Beaunier // J. Phys. Chem. C. – 2017. – V.121. – p. 14302- 14311.

УДК 621.391.81

Сатюков А.І., канд. фіз.-мат. наук, доцент  
Приступа А.Л., канд. техн. наук, доцент  
Кравченко А. О., студент

Національний університет «Чернігівська політехніка», a.l.prystupa@gmail.com

## ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШИРОКОСМУГОВИХ КОМПОНЕНТ НВЧ ТРАКТУ

При створенні НВЧ трактів використовується великий набір різноманітних компонентів від генераторів до конекторів, заглушок, атенюаторів. При лабораторних дослідженнях та розробці НВЧ систем доводиться проводити їх часту комутацію, пошук оптимальних варіантів тощо.

Класифікація цих компонентів проводиться за різними ознаками, таких як конструктивні особливості, частотний діапазон, тип з'єднань і т. д.

З цієї точки зору можна виділити дві основні групи компонентів – широкосмугові та вузькосмугові.

До першої групи можна віднести коаксіальні збірки, конектори, узгоджені навантаження, сталі коаксіальні атенюатори, трансформатори опорів.

До другої – спрямовані відгалужувачі, хвилеводно-коаксіальні переходи, феритові вентилі.

Під час проведення НВЧ вимірювань параметри як широкосмугових, так і вузькосмугових компонент відіграють важливу роль та впливають на сумарну невизначеність вимірювання. Наведена в технічній документація інформація дуже часто узагальнена в межах доволі широкого діапазону частот, або приводиться з доволі великим кроком, наприклад затухання коаксіального атенюатора VАТ-30+ Mini Circuits вказується через 1 ГГц [1].

Слід зазначити, що іноді точність та детальність частотних характеристик широкосмугових компонентів не є принципово важливими. Наприклад, у випадку, коли коаксіальний кабель використовується для живлення системи з вимірювальною лінією, або при використанні розв'язуючого атенюатора на виході НВЧ генератора.

З іншого боку той же кабель може входити у вимірювальну систему з панорамним вимірювачем відбивань, в якому відбувається порівняння потужностей НВЧ сигналів. В цьому випадку нерівномірність частотної характеристики може призвести до суттєвих похибок в отриманих результатах. [2]

В лабораторії "Високочастотних вимірювань" НУ "Чернігівська політехніка" були проведені експериментальні дослідження частотних характеристик затухання деяких широкосмугових компонентів НВЧ трактів, а саме: коаксіальних збірок на основі кабелів РК-50-4-11, РК-50-11-11, РК-50-2-11, сталих атенюаторів Д2-36, Д2-50 та узгоджених навантажень.

Вимірювання проводились в діапазоні частот 2,4 – 5,8 ГГц з інтервалом 200 МГц.

Відповідно до [3] важливою характеристикою при проведенні вимірювань є їх відтворюваність. Тому важливим є контроль параметрів однотипних компонентів НВЧ тракту перед кожним новим циклом вимірювань, зокрема в рамках лабораторних практикумів. Особливо це є актуальним для лабораторій, які знаходились в зоні активних бойових дій. Дія вибухової хвилі може призводити до механічних деформацій і як наслідок впливати на технічні характеристики компонентів НВЧ тракту.

Результати вимірювань коефіцієнту стоячої хвилі (КСХ) для двох типів узгодженого навантаження, виконаного по ГОСТ 13317-89 (Рисунок 1,а), з паспортним значенням КСХ=1,2 в діапазоні частот до 5ГГц, та типу НС3-18-01 (Рисунок 1,б), з паспортним



значенням  $KCX=1,4$  в діапазоні частот до 7ГГц, ілюструють погіршення технічних характеристик та їх розбіжність для різних зразків.

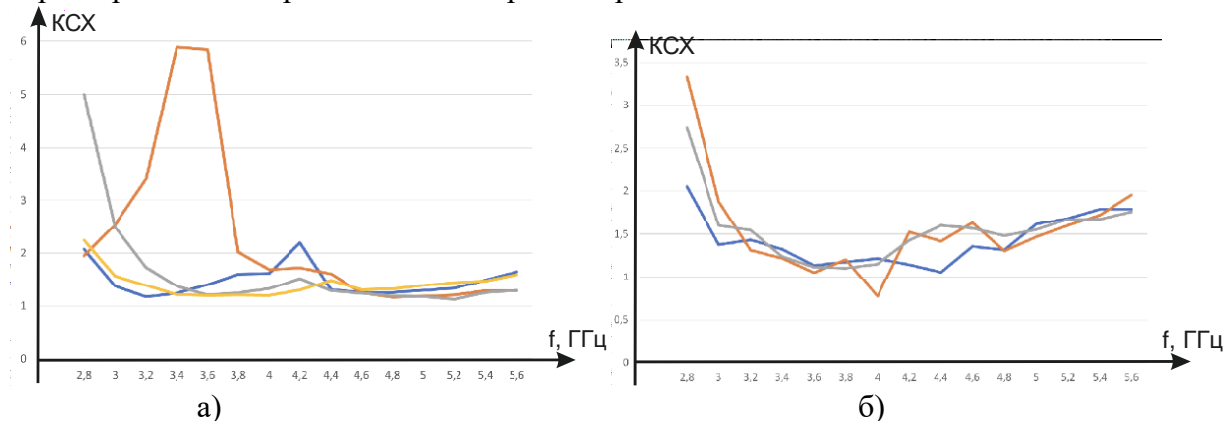


Рис. 1 – Експериментальні частотні залежності  $KCX$  2-х типів узгодженого навантаження

Як видно з графіків, кожне узгоджене навантаження має свої унікальні особливості, що проявляються на різних частотах і в переважній більшості випадків призводять до підвищення  $KCX$ . В той же час існують діапазони частот, для яких параметри компонент НВЧ тракту відповідають нормативним документам.

Таким чином проведення аналогічних експериментів для всіх НВЧ компонент лабораторії дозволить мати актуальну інформацію щодо їх поточного стану та використовувати її для вибору оптимального набору НВЧ компонент в залежності від поставлених задач. Отримані результати експериментальних досліджень дозволять зменшити похибки при проведенні радіовимірювань з використанням досліджених широкосмугових компонентів НВЧ трактів.

#### Список посилань

1. Технічні характеристики аттенюатора VAT-30+ Mini Circuits. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minicircuits.com/pdfs/VAT-30.pdf> (дата звернення 15.05.2023)
2. Сатюков, А.І. Використання хвилеводно-коаксиального переходу при вимірюванні вологості тіл з довільною геометрією [Текст] / А.І. Сатюков, А.Л. Приступа // Фізика, електроніка, електротехніка : матеріали та програма науково-технічної конференції, м. Суми, 21-26 квітня 2014 р. / Відп. за вип. С.І. Проценко. – Суми: СумДУ, 2014. – С. 51.
3. Закон України про метрологію та метрологічну діяльність [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text> (дата звернення 15.05.2023)

УДК 621.313.333.1: 62–83

Денисов Ю.О., докт. техн. наук, професор

Денисов Д. Ю., здобувач вищої освіти

Національний університет «Чернігівська політехніка» [yuri.denisov@stu.cn.ua](mailto:yuri.denisov@stu.cn.ua)

### МОДЕЛЬ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРУ КОНТУРУ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ РОТОРУ БЕЗКОЛЕКТОРНОГО ДВИГУНА

Електропривод на основі безколекторних двигунів дуже широке застосування в різних галузях промисловості, транспорту, роботизованих систем та систем озброєння.

В процесі експлуатації таких систем виникає питання експлуатації в різних температурних умовах в врахуванням нагрівання деталей самої електричної машини. Такі системи електроприводу налічують велику кількість контурів контролю та нелінійних елементів керування. Нагрівання самої електричної машини та вплив температурних чинників враховується тільки у системах зі специфічними умовами експлуатації. Для забезпечення гнучкого керування розглядається можливість використання нечіткого

регулятора у вищевказаних системах. Форсованому досягненню встановленої швидкості двигуна без порушення його температурного режиму сприяє контур регулювання, виконаний на основі фази-контролера (нечіткий регулятор), який є експертною системою, включеною в процес управління і працює в реальному часі.

В роботі наведена [1] методика налагодження нечіткого регулятора системи запуску. В роботі розглянуто що, форсованому досягненню встановленої швидкості двигуна без порушення його температурного режиму сприяє контур регулювання, виконаний на основі фази-контролера (нечіткий регулятор), який є гнучкою системою, включеною в процес управління і працює в реальному часі. За результатами та на основі теоретичних розрахунків нечіткого контролера у роботі [1] було проведено синтез та моделювання системи електроприводу з безколекторним двигуном постійного струму з контролем температурного режиму з одночасним використанням нечіткого регулятора. За основу була взята модель описана в [2]. На рис. 1 наведена модель системи електроприводу з безколекторним двигуном постійного струму з використанням нечіткого регулятора. На рис. 2 наведено часові діаграми роботи без нечіткого контролера з класичним законом керування. Введення нечіткого контролера в систему регулювання та контролю температури дає можливість контролювати пускові характеристики двигуна з урахуванням зовнішніх температурних режимів.

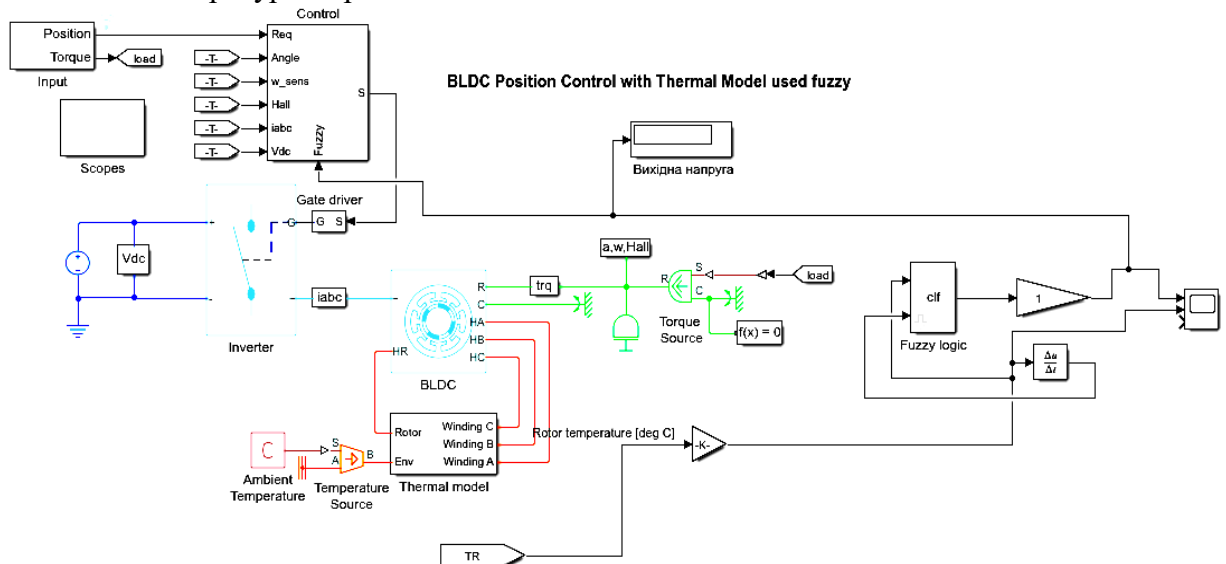


Рис. 1 – Модель системи електроприводу з безколекторним двигуном постійного струму та нечітким контролером

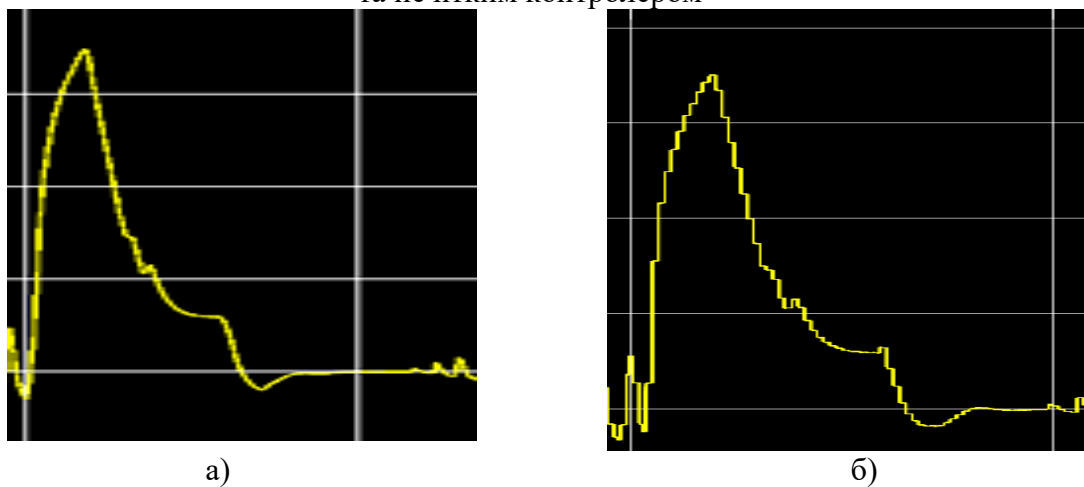


Рис. 2 – Перехідні процеси з нечітким контролером а) та без нечіткого контролера б)

Модель системи електроприводу складається з основних блоків керування, інвертора напруги та моделі безколекторного двигуна постійного струму. Вищевказані блоки є стандартними блоками пакету моделювання MATLAB.[2] Додатково в моделі наведено нечіткий контролер, який надає додатковий керуючий вплив, до системи керування, який враховує температурний режим експлуатації безколекторного двигуна постійного струму. Використання нечіткого контролеру покращує перехідні характеристики. Надає можливість більш гнучкого керування з врахуванням температури розігрівання ротора електричної машини. На рис. 2, а та б показані перехідні процеси зміни швидкості обертання ротору при збурюючому впливі на роторі з використанням нечіткого контролеру та без нього відповідно.

На діаграмах можна бачити що перехідний процес на рис. 2, а триває на декілька мікросекунд менше ніж без втручання нечіткого контролера. Відсутнє коливання швидкості. Наростання швидкості йде поступово. Використання нечіткого контролера в ланцюгу контролю швидкості покращує динамічні характеристики системи електроприводу.

Аналіз процесів свідчить про те, що урахування теплових процесів в електроприводі з використанням нечіткого регулятора доцільно в специфічних галузях, таких як аеронавігаційні системи та системи електропривода безпілотних літальних апаратів. В таких системах головним показником є надійність.

#### Список посилань

1. Денисов О.І. Концепція процесу підвищення енергетичної ефективності системи запуску двигуна військово-транспортного літака [Текст] / О. І. Денисов, Е. О. Бурсала // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 1. – С. 144-149.

2. BLDC Position Control with Thermal Model [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://www.mathworks.com/help/sps/ug/bldc-position-control-thermal.html?searchHighlight=BLDC%20Position%20Control%20with%20Thermal%20Model&tid=srchtitle\\_BLDC%20Position%20Control%20with%20Thermal%20Model\\_1](https://www.mathworks.com/help/sps/ug/bldc-position-control-thermal.html?searchHighlight=BLDC%20Position%20Control%20with%20Thermal%20Model&tid=srchtitle_BLDC%20Position%20Control%20with%20Thermal%20Model_1)

УДК 629.2,621.38

**Куць Н.Г., Гранд-доктор філософії в галузі  
інформаційних технологій (енергетика), доцент  
Мельничук М.Р., магістр**

Луцький національний технічний університет, [kuts.nadia86@gmail.com](mailto:kuts.nadia86@gmail.com)

### ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

Розвиток електричного транспорту та електромеханіки має великий потенціал для підвищення екологічної безпеки та зменшення впливу на довкілля. Для досягнення цих цілей необхідно розробляти та використовувати надійні та ефективні електромеханічні системи, а також, розвивати нові технології, що будуть екологічно чистими та сталими. Традиційні автомобілі з двигунами з внутрішнього згоряння (ДВЗ) викидають у повітря шкідливі речовини, такі як оксиди вуглецю, азоту та сірки, які сприяють погіршенню якості повітря та ведуть до кліматичних змін.

Електричні транспортні засоби (ЕТЗ) є екологічно чистими та не викидають в атмосферу CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, які викликають парниковий ефект та інші проблеми зі здоров'ям Вони працюють за допомогою електричної енергії, яка може бути вироблена з відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія [1]. Це дозволяє зменшити залежність від необхідності видобутку та транспортування нафти та інших вуглеводнів, що також сприяє зменшенню шкідливих викидів. Проте, для ефективного зменшення забруднення довкілля необхідно, щоб електричний транспорт був екологічно чистим не лише під час руху, але і під час виробництва, а також під час переробки відходів.

У порівнянні з автомобілями з внутрішнім згорянням, електромобілі мають менше рухомих частин, що робить їх більш ефективними та менш вразливими до зносу. Крім того, електричний двигун не потребує масла та інших рідин, що зменшує витрати на обслуговування транспортного засобу. Тому, за підрахунками Міжнародного енергетичного агентства, за рік кількість електромобілів зросла на 54%, а до 2030 року може досягти 220 млн. од. [2]. За даними Міністерства економіки України у 2020 році в Україні було зареєстровано понад 8 тисяч електромобілів. Це майже втричі більше, ніж кількість електромобілів, зареєстрованих у 2019 році.

Електромеханіка є ключовою галуззю для розробки електромобілів, оскільки вона відповідає за розробку та виробництво електромеханічних систем, які забезпечують рух транспортного засобу. Електромеханіка включає в себе такі компоненти, як електричні двигуни, контролери, батареї, системи зарядки та інші електронні компоненти.

Електричний двигун використовує електромагнітні поля для створення крутного моменту, який перетворюється на рух коліс автомобіля. Крім того, батареї в електромобілях забезпечують енергію для роботи електричного двигуна. Контролери відповідають за керування роботою електромотора, а системи зарядки забезпечують ефективне заряджання батареї. Акумуляторні батареї є джерелом енергії для електричного транспорту. Вони повинні бути надійними та ефективними, щоб забезпечити достатню місткість для подорожей на великі відстані, а також швидке заряджання для забезпечення комфорту користувачів. Літій-іонні батареї стали першим вибором для застосування на ЕТЗ. Однак, літій-іонні акумулятори викликають проблеми з безпекою. Якщо літій-іонна батарея замкнута або піддана високій температурі, можуть виникнути екзотермічні реакції, що призведуть до циклу самопідвищення температури, відомого як «теплова втеча», що може призвести до пожежі та вибуху батареї [3]. У 2013 році кілька седанів Tesla Model S загорілися при русі на дорозі. Незважаючи на те, що Tesla посилила екран акумулятора на своїх нових і існуючих автомобілях, у серпні 2016 року електромобіль Tesla загорівся під час рекламного туру у Франції. Причини аварій літій-іонних батарей відрізняються: коротке замикання, механічне пошкодження, перезаряд акумулятора, а також дефекти конструкції та виробництва можуть призвести до займання/вибуху акумулятора [4].

Проводяться дослідження використання нових матеріалів та технологій для виробництва безпечних батарей і є дуже важливим напрямком для розвитку електромобілів. Основні технології включають наступне:

- літій-металеві батареї (заміна графітового анода на літєвий метал), що дозволяє збільшити ємність батареї на 50-100% при зменшенні ваги та обсягу батареї;
- тверді батареї (використання твердих електролітів замість рідинних електролітів), що мають високу енергетичну щільність, низький ризик пожежі та більшу довговічність;
- метал-полімерні батареї (використання полімерних електролітів замість рідинних електролітів, що дозволяє створювати більш легкі та компактні батареї з високою енергетичною щільністю);
- метал-сульфідні батареї (використання метал-сульфідних матеріалів замість літію), що мають високу енергетичну щільність та більшу довговічність;

Крім того, для покращення ефективності та функціональності батарей електромобілів досліджуються нові матеріали для катодів та анодів, а також нові методи виробництва, такі як 3D-друк.

Також, розвиток електричного транспорту повинен забезпечити безпеку користувачів. Для цього необхідно розробляти надійні електромеханічні системи, що забезпечують ефективну систему управління. Це дозволить підвищити комфорт та безпеку водіїв та пасажирів електричних транспортних засобів. ЕТЗ мають значно менший рівень шуму, порівняно з транспортними засобами, які працюють на інших джерелах палива. Електромеханіка допомагає забезпечити безпеку користувачів ЕТЗ: точне керування і

управління транспортними засобами, забезпечує ефективну роботу гальм, підвіски, акумуляторів і систем охолодження. Зокрема, електромеханіка грає важливу роль у розробці електронних систем безпеки, таких як системи стабілізації, контролю тяги, контролю стабільності і систем автоматичного гальмування. Ці системи забезпечують безпеку користувачів ЕТЗ, допомагаючи уникнути аварійних ситуацій, знижуючи ризик травм. Крім того, розробка ефективних електромеханічних систем є ключовим фактором у зниженні витрат на виробництво ЕТЗ, зменшити вартість електротранспорту.

Отже, розвиток електромеханіки є ключовим фактором у розвитку електричного транспорту, який є чистішим та більш екологічно безпечним в порівнянні з традиційними автомобілями з ДВЗ. Розвиток електромеханіки не тільки сприяє підвищенню продуктивності та зниженню вартості виробництва електричного транспорту, але і дозволяє досягти більш ефективного використання електричної енергії та зменшити вплив транспорту на довкілля.

#### Список посилань

1. Будніченко В.Б., Гордієнко М.М. Аналіз показника енерговитрат транспортних засобів з електричним двигуном. [Текст]/ В.Б. Будніченко – Комунальне господарство міст, 2019. – том 3, випуск 149 – С. 158-163.
2. Інформаційне агентство Автостат: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.autostat.ru/news/34460/>
3. Posouzení Li-Ion Bateriová nebezpečí a bezpečnostní strategie. Energies 2018 , 11 (9), [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/en11092191>
4. Úřad FAA pro bezpečnost a bezpečnost nebezpečných materiálů. K dispozici online: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ash/ash\\_programs/hazmat/aircarrier\\_info/media/battery\\_incident\\_chart.pdf](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ash/ash_programs/hazmat/aircarrier_info/media/battery_incident_chart.pdf) (přístup k 9. července 2018).

УДК 621.5.011:621.577

**Арсеньєв В. М., канд. техн. наук, професор**  
**Король О. С., аспірант**

**Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент**  
Сумський державний університет, sanya.korol.1997@gmail.com

### **ВИБІР СХЕМНОГО РІШЕННЯ ТЕПЛОВИКОРИСТАЛЬНОГО ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА НА ДІОКСИДІ ВУГЛЕЦЮ**

Енергетична безпека, економічний розвиток та необхідність захисту довкілля вимагає активного використання вторинних техногенних та природних відновлюваних теплових енергоресурсів. Енерговитрати на функціонування кліматичної техніки (виробництво штучного холоду та теплового насоса) можуть бути значно знижені за рахунок раціонального вибору схемних рішень для тепловикористальних термотрансформаторів (ТВТ). Вибір схемного рішення для реалізації даного виду термотрансформації також суттєво залежить від фізико-технічних властивостей робочої речовини. У даній роботі наведено аналіз вибору схемних рішень ТВТ з діоксидом вуглецю в якості робочої речовини. Як базову схему ТВТ на CO<sub>2</sub> (R744) розглядається варіант схеми циклу Плотникова-Чистякова з газотурбінним приводом компресора на лінії зворотного циклу, (KM1), та з електроприводом насоса-компресора, який працює в транскритичній області стану CO<sub>2</sub>, (KM2), для подачі робочої речовини в газонагрівач зворотного циклу. Як показали розрахунки для теплонасосного режиму роботи, відношення індикаторних потужностей зазначених компресорів складає:

$$\frac{N_{i, KM2}}{N_{i, KM1}} \approx 70\% \quad (1)$$

Розрахунковий режим характеризувався наступними параметрами: теплоносій для газонагрівача – продукти згоряння котельної установки зі зміною температури від 150 до 130 °С, робоче середовище для випарника – розчин етиленгліколю, з охолодженням від 15 до 12 °С, нагрів води в газоохолоджувачі від 35 до 65°С.

Частка витрат на електропривод компресора КМ2 в загальних енерговитратах при оцінці ефективності циклу складає

$$\frac{N_{e, KM2} / COP_{EG}}{Q_{GH} / \eta_T + N_{e, KM2} / COP_{EG}} \approx 24\% \quad (2)$$

де  $N_{e, KM2}$  – ефективна потужність насоса-компресора КМ2;

$COP_{EG}$  – коефіцієнт перетворення циклу електрогенератора;

$Q_{GH}$  – повне теплове навантаження на газонагрівач;

$\eta_T$  – коефіцієнт корисної дії тепловикористального термотрансформатора.

З метою виключення споживання електроенергії для приводу КМ2 в базовій схемі пропонується стиснення CO<sub>2</sub> в прямому та зворотному циклах ТВТ реалізувати в компресорах з приводом тільки від газових турбін (на агрегатах «турбіна-компресор»). Таким чином гібридна базова схема може бути перетворена в повністю тепловикористальну, що дуже важливо при використанні збірних потоків тепла для отримання холоду або мультиплікації тепла при переході до більш низьких температур для споживача в тепловій pompі. У роботі представлена модель розрахунку одного з варіантів альтернативної схеми тепловикористального трансформатора.

УДК 621.316.1

**Шабанов Д. М.**

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Черкаси, [shabanov.daniel@ukr.net](mailto:shabanov.daniel@ukr.net)

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОЧАСТОТНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У РАДІОЕЛЕКТРОННІЙ АПАРАТУРІ

Зростаючий попит на більш компактні за розмірами й легкі за вагою, а також більш дешеві джерела живлення призводить до необхідності підвищувати частоту перемикання силових перетворювачів. Пасивні елементи, тобто котушки індуктивності й конденсатори, в основному визначають розміри, вагу й вартість силових електронних перетворювачів, тому збільшення частоти комутації призведе до мініатюризації перетворювача та зниженню вартості. Однак при цьому збільшення частоти перемикання призводить до виникнення нових проблем, а саме збільшенням комутаційних втрат у всіх компонентах електричної схеми. Задачі, які необхідно вирішити для того, щоб високочастотні перетворювачі можливо було ефективно використовувати в радіоелектронній апаратурі, поділяються на такі категорії: проектування та оптимізація компонентів схеми, вибір топології схеми, забезпечення необхідної надійності роботи схеми. Розробка силових високочастотних електронних перетворювачів спрямована на досягнення високої ефективності та високої питомої потужності в радіоелектронній апаратурі. Напівпровідникові матеріали з широкою забороненою зоною (WBG), такі як карбід кремнію (SiC) і нітрид галію (GaN) з більш низькою вихідною ємністю й опором у відкритому стані у порівнянні з їхніми кремнієвими аналогами в останні роки широко застосовується для проектування силових



перетворювачів, що в свою чергу сприяє розвитку високочастотних перетворювачів. Напівпровідникові матеріали SiC і GaN мають різну структуру, різну вихідну потужність, різні робочі характеристики. застосування обладнань. Технологія SiC знаходить застосування в обладнанні з більшою потужністю, а GaN частіше застосовують у високочастотному діапазоні. Завдяки більш високій частоті перемикання такі перетворювачі мають більш швидкі перехідні характеристики. Сучасні методи плавного перемикання використовуються при розробці як високочастотного перетворення постійного струму, так і високочастотного інвертування постійного струму в змінний. В схемах з високочастотними перетворювачами доцільно реалізувати плавне регулювання вихідної напруги шляхом зміни відносної тривалості відкритого стану ключів (метод ШІМ). М'яке перемикання означає, що один або кілька силових ключів у перетворювачі постійного струму усувають втрати при включенні або вимиканні. Це відрізняється від жорсткого перемикання, коли включення, і вимикання силових ключів виконуються при великому струмі й високому рівні напруги. Один з підходів полягає в створенні явища повного резонансу в перетворювачі за допомогою послідовних або паралельних комбінацій резонансних компонентів. Такі перетворювачі звичайно відомі як резонансні перетворювачі. Інший підхід полягає у використанні звичайного понижувального ШІМ-перетворювача і заміни перемикача резонансним перемикачем, що забезпечує усунення втрат. Через особливості схеми ШІМ резонанс виникає протягом більш короткого інтервалу часу в порівнянні з випадком повного резонансу. Цей клас перетворювачів, що поєднують резонанс і ШІМ, відомий як квазірезонансні перетворювачі. Для зменшення динамічних втрат можливо формувати ШІМ-сигнал фазовим методом з перемиканням транзисторів при нульовій напруги. Для поліпшення характеристик перетворювача слід максимально використовувати резонансні методи перетворення, у яких транзистори включаються при нульовій напрузі (Zero Voltage Switching, ZVS), а вимикаються при нульовому струмі (Zero Current Switching, ZCS), що забезпечує мінімальні рівні динамічних втрат і електромагнітних перешкод. Квазірезонансне перемикання в порівнянні із традиційними режимами роботи перетворювача знижує втрати при вмиканні на силовому ключі, тим самим підвищуючи ефективність і знижуючи температуру обладнання. Недоліком квазірезонансних перетворювачів є більш великі втрати при малих навантаженнях, але цьому недоліку можна запобігти, використовуючи схему обмеження частоти, яка застосовується в сучасних контролерах та використовуючи вбудовані силові ключі. Електромагнітні перешкоди, які створюються квазірезонансним режимом відносно низькі при низьких напругах і струмах, при яких зазвичай і застосовують такі перетворювачі.

На сьогодні високочастотні перетворювачі широко застосовуються в багатьох галузях, таких як виробництво електромобілів, телекомунікаційного обладнання, побутової електроніки.

#### Список посилань

1. J. Millan, P. Godignon, X. Perpina, A. Perez-Tomas, and J. Rebollo. A survey of wide bandgap power semiconductor devices/ IEEE Transactions on Power Electronics, 2014 vol. 29, no. 5, pp. 2155–2163, May 2014.
2. I. Batarseh, A. Harb. Power electronics. Circuit analysis and design. Second Edition/ Springer International Publishing – 2018 – 677 p.
3. [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.semiconductor-today.com/features/PDF/semiconductor-today-february-2020-Wide-bandgap.pdf>

УДК 621.314.58

Жук Д.О., канд. техн. наук, доцент  
Жук О.К., канд. техн. наук, професор НУК  
Козлов М.О., аспірант

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв,  
dmytro.zhuk@nous.edu.ua

Степенко С.А., канд. техн. наук, доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка», serhii.stepenko@stu.cn.ua

Воскобоєнко В.І.

ТОВ НВП «Інтер Електро», м. Миколаїв

### СПОТВОРЕННЯ НАПРУГ І СТРУМІВ В МЕРЕЖІ ПЛАВКРАНА З НАПІВПРОВІДНИКОВИМИ ПРОПУЛЬСИВНИМИ УСТАНОВКАМИ

Самохідні плавучі крани (СПК), відіграють ключову роль в морській індустрії. Вони адаптовані до завдань транспортування та логістики, будівництва та обслуговування морських портів, нафтогазових платформ, офшорних об'єктів альтернативної генерації електроенергії. Вантажопідйомність СПК побудованих на основі різних конструкцій (однокорпусні, катамарани, самопідйомні, спеціальні) складає від однієї до десятків - сотень тон. Для пересування і виконання вантажопідйомних операцій в морі СПК оснащені електричними напівпровідниковими пропульсивними установками (ЕНПУ) з потужними напівпровідниковими електроприводами пристроїв головного руху та динамічного позиціонування. Сучасні енергоефективні СПК використовують інтегровану структуру єдиної судової електроенергетичної системи (СЕЕС), яка поряд з потужними ЕНПУ живить також і інші відповідальні загальносуднові споживачі. Низька якість електроенергії (ЯЕ) в таких системах, спричинена роботою перетворювачів ЕНПУ, які спотворюють напругу і струм мережі та споживають реактивну потужність, призводить до виникнення ряду експлуатаційних проблем аж до аварійного знеструмлення і загрози безпеці плавкрана в цілому [1, 2]. Вирішення проблеми електромагнітної сумісності в СЕЕС СПК з ЕНПУ у відповідності до суворих вимог сучасних морських стандартів щодо норм гармонічних спотворень вимагає удосконалених методів оцінки і контролю показників спотворень напруг та струмів, а також створення ефективних засобів обмеження зазначених показників.

**Метою роботи** є оцінка якості електроенергії і умов електромагнітної сумісності в СЕЕС СПК «EXPERT-3» шляхом модельного дослідження гармонічних спотворень напруги/струму синхронних генераторів (СГ), а також на входах силових напівпровідникових перетворювачів (СНП) та асинхронних двигунів (АД) у складі головних ЕНПУ з урахуванням паразитних ємностей ділянок кабельних ліній (ДКЛ) та впливу керованого фільтрокомпенсуючого пристрою (КФКП) з використанням компенсаційного реактора з широтно-імпульсним регулюванням.

СПК «EXPERT 3» спроектовано в м. Миколаїв і виготовлено у м. Варна в 2022 р. Сумарна потужність генераторів  $S_{\text{СЕС}} = 2628$  кВА. Частотнорегульовані приводи ЕНПУ виконані за схемою: некерований випрямляч – автономний інвертор напруги з ШІМ – асинхронний двигун (НВ – АІН з ШІМ – АД). Досліджено два варіанта моделі електропривода підрулюючого пристрою (ППР) ( $S_{\text{НПЧ ППР}} = 625$  кВА,  $P_{\text{НАД ППР}} = 450$  кВт з вхідними 6- та 12-пульсними мостовими некерованими випрямлячами (НВ) (рис. 1,а,б)

Моделювання проводилося без системних фітхрокомпесуючих пристроїв (ФКП) та при наявності системного керованого фільтрокомпенсуючого пристрою (КФКП) [3].

Відсоткові значення коефіцієнтів несинусоїдальності напруги  $K_{\text{НУ}}$  і струму  $K_{\text{НІ}}$  генераторів та на входах СНП і АД зведені у табл. 1

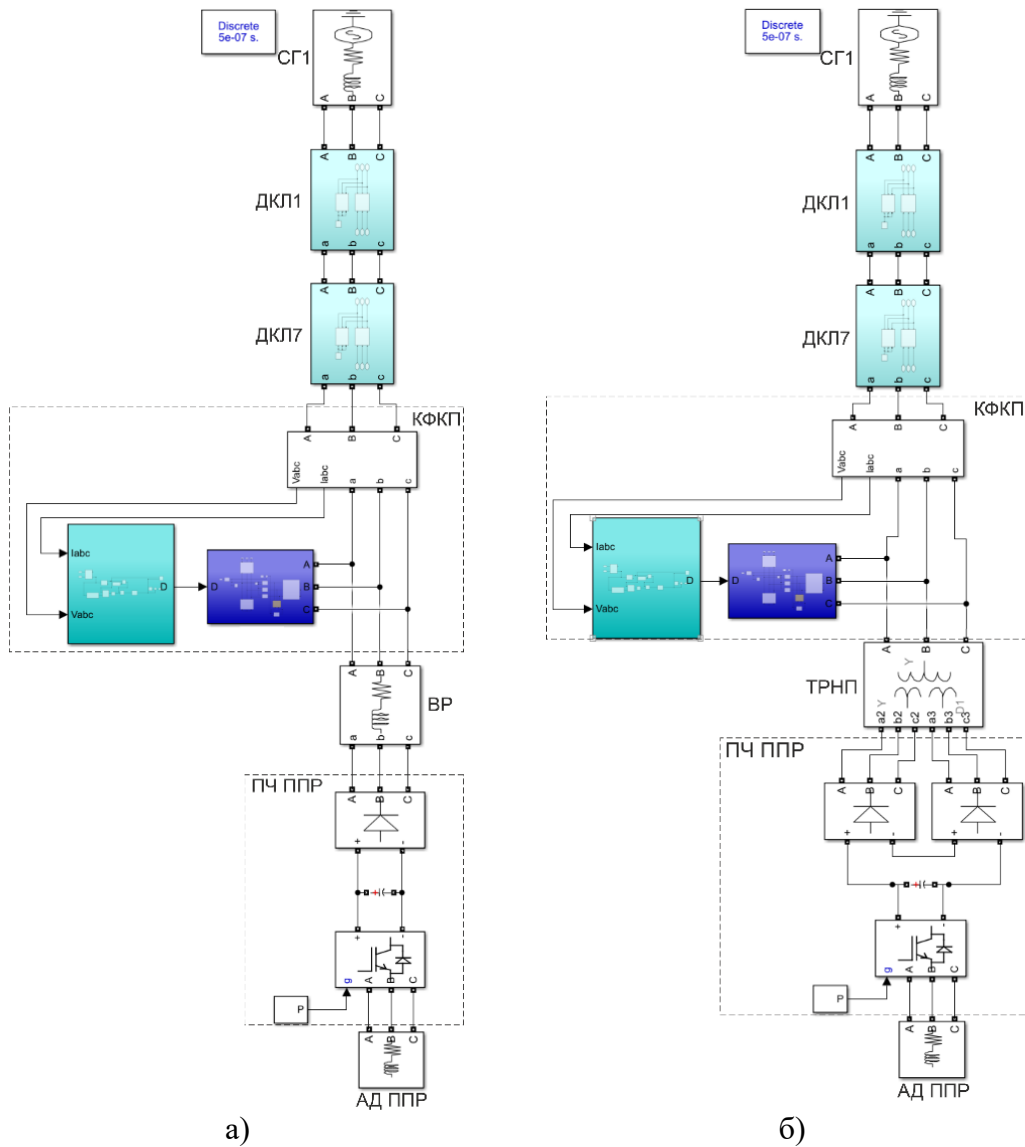


Рис. 1 – MATLAB-моделі СЕЕС СПК «ЕХРЕРТ 3» з ЕНПУ та врахуванням власних і паразитних ємностей ДКЛ та КФКП

Таблиця 1 – Результати модельних вимірювань показників якості електроенергії

Тип схеми вхідного випрямляча	Наявність КФКП	$K_{HU}$ , % на вході			$K_{HI}$ , % на вході		
		СГ	СНП	АД	СГ	СНП	АД
6-пульсний НВ	Ні	7,42	10,88	89,07	33,51	33,51	1,19
	Так	2,23	7,55	89,01	5,95	62,15	1,31
12-пульсний НВ	Ні	4,84	5,00	94,81	9,34	9,34	1,08
	Так	0,40	0,41	94,81	1,46	12,37	1,09

**Висновки** 1. Для проведення досліджень ЯЕ в СЕЕС СПК «ЕХРЕРТ 3» розроблена її уточнена MATLAB-модель, за методологією [4], яка враховує власні і паразитні параметри електрообладнання. 2. Виконано модельну оцінку показників ЯЕ ( $K_{HU}$ ,  $K_{HI}$ ) в системі при відсутності і наявності КФКП при роботі ППР. 3. Базисні показники  $K_{HU}$ ,  $K_{HI}$  в системі без КФКП при роботі СНП з вхідними 6-пульсними НВ свідчать про неприпустиме перевищення норм морських стандартів [5]. 4. Наявність КФКП в системі усуває негативний вплив СНП в обох випадках і забезпечує показники  $K_{HU}$ ,  $K_{HI}$  в межах норм,

припустимих морськими стандартами [5]. КФКП забезпечує повну компенсацію реактивної потужності, споживаної ЕНПУ.

#### Список посилань

1. Zhuk A.K., Zhuk D.A. Complex rating and power quality providing in ac/dc electric power system of drilling vessel «Gazprom-1». Proceedings of 5th International scientific and technical conference on Unconventional Electromechanical and Electrical systems UEES'01, Miedzzydroje, Poland, Vol.2, 05–08 September, 2001, pp.551–556.
2. Zhuk, O., Zhuk, D., Kryvoruchko, D. Voltage Harmonic Distortion in Autonomous Electric Power System with an Adjustable Power Line Conditioner. 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), 2018, pp. 33-38.
3. Zhuk, O., Zhuk, D., Kryvoruchko, D., D'yakonov, O. Control of Improved Hybrid Power Line Conditioner. 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2018, pp. 605-610.
4. Zhuk, D.; Zhuk, O.; Kozlov, M.; Stepenko, S. Evaluation of Electric Power Quality in the Ship-Integrated Electrical Power System with a Main DC Bus and Power Semiconductor Electric Drives as Part of the Electric Propulsion Complex. Energies 2023, 16, 2961.
5. IEC 61000-4-30 INTERNATIONAL STANDARD Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods. 2021.

УДК 63.631.4:604:58:631.484

**Моргун Б.В., докт. біол. наук**

Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАН України, м. Київ

**Білоусов О. С., студент**

Національний технічний університет «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

ol21.belousov@gmail.com

### **ТРАНСГЕННІ РОСЛИНИ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

Війна в Україні в найближчому майбутньому закінчиться нашою Перемогою, але руйнівний потенціал російської смертоносної зброї ще десятиріччями буде нагадувати про себе, погіршуючи стан здоров'я майбутніх поколінь нашої нації.

Потенційним джерелом хімічного забруднення довкілля є вибухонебезпечні предмети, які містять вибухові речовини. Як основний вибуховий заряд для вибухонебезпечних предметів є вторинні вибухові речовини, які самостійно не можуть бути надійно підірвані без зовнішньої вибухової сили, але потужніші ніж первинні і менш чутливі до подразників. До таких речовин відносять органічні сполуки цикло-1,3,5-триметилен-2,4,6- тринітрамін (RDX або циклоніт, гексоген) та нітроароматичний 2,4,6- тринітротолуол (тротил).

Тротил і подібні сполуки токсичні для людини, тварин і рослин. Тротил швидше деградує в ґрунтах з високим вмістом органічних речовин. Ризики потрапляння в трофічні ланцюги тротилу вищі при наявності ґрунтових вод [1].

Тротил реалізує канцерогенну, отруйну та мутагенну дію на організм людини [2]. До біологічних ефектів тротилу належать подразнення шкіри, катаракта, анемія та порушення функції печінки [3]. У ґрунтах тротил пригнічує азотфіксацію, дегідрогеназу та інші мікробні активності навіть при низьких рівнях (10 мг/л) забруднення [4]. На сьогодні відомо, що понад 200 тис. га українських земель забруднені мінами, снарядами, уламками боєприпасів [5].

Метою даної роботи є дослідити класичні підходи до відновлення родючості та безпеки ґрунтів, що використовуються в агропромисловому комплексі, розібратися в їх ефективності та кількості часу, необхідного для отримання бажаного результату, з'ясувати перспективи застосування методів генної інженерії для вирішення зазначеної задачі.

**Матеріали та методи.** Відновлення родючості ґрунтів та забезпечування їх використання вже сьогодні є одним із важливих завдань, що стоять перед агропромисловим сектором країни.

До класичних методів відновлення родючості та безпеки ґрунтів можна віднести:

1. Механічні – оранка, зняття верхнього шару, вологе накопичування та розпушування
2. Фізико-хімічні – використання реактивів та сорбентів, добрив
3. Біологічні – використання мікроорганізмів та біопрепаратів, стимулювання процесів самоочищення [6].

Звичайно, залучення зазначених методів відновлення ґрунтів можливе лише після розмінування територій та механічного очищення від залишків снарядів та бронетехніки.

Використання наведених класичних методів відновлення ґрунтів потребує залучення значного фінансування, а час, потрібний для розкладання залишків тротилу та гексогену традиційним шляхом вимірюється десятиріччями.

За допомогою методів фітореMediaції забезпечити ґрунти, на яких відбувалися активні воєнні дії, та повернути їм родючість в комплексі з іншими методами відновлення можливо в значно короткі строки. ФітореMediaція – це методика використання рослин та мікроорганізмів, що з ними пов'язані, для очищення навколишнього середовища. За допомогою рослин є можливість вилучити забруднюючі речовини або активізувати їх розкладання до більш безпечних сполук [7].

**Результати та обговорення.** В деяких публікаціях повідомлялося про відновлення рослинності на колись безплідних місцевостях, забруднених тротилом, що дало надію на використання методів фітореMediaції. Передбачається, що фітореMediaція *in situ*, яка використовує кореневу систему рослин для вилучення та детоксикації забруднюючих речовин і сонячне світло як незалежне джерело енергії, є менш руйнівною для навколишнього середовища, ніж методи фізичної реMediaції [8].

Потрібно зазначити, що деградація тротилу місцевими рослинами є неефективною та найчастіше неповною. RDX навіть менш піддається біологічному розкладанню через триазинове кільце з трьома складовими азотами, які залишають мало місця для ферменту, щоб замінити електрони та отримати доступ до відкритих нітратних груп [9].

Серія інших досліджень продемонструвала, що деякі бактерії, *Pseudomonas* [10], *Bacillus* [11], *Enterobacter* [12] і *Rhodococcus* [13], здатні розкласти тротил. Але мікробна деградація тротилу, як правило, обмежена наявністю симетричних нітрогруп на його ароматичному кільці, що перешкоджає активності діоксигенази [14].

Для подолання зазначених недоліків та обмежень були розроблені та успішно апробовані трансгенні культури. Гени бактерій, що кодують синтез ферментів, здатних розщеплювати молекули вибухових речовин, були вбудовані у ДНК вищих рослин. Це призвело до прискорення процесів розщеплення органічних молекул, а також зменшило концентрацію небажаних сполук в ґрунті за більш короткий термін [15]. Наприклад, були створені рослини, в яких відбувається експресія НАДФН-залежної нітроредуктази з *Enterobacter cloacae*, яка забезпечує перетворення тротилу в амінодинітротолуоли. Рослини тютюну, що експресують цю бактеріальну нітроредуктазу, розщеплюють тротил при його концентраціях в ґрунті на рівнях, які є летальними для рослин дикого типу.

Виявилось, що ендегенні рослинні гени кодують додаткові ферментативні етапи, необхідні для видалення токсичних продуктів розпаду, що є результатом цієї реакції, амінодинітротолуолів. Таким чином, високий рівень експресії одного трансгену бактеріальної нітроредуктази забезпечив створення рослини з винятковим фітореMediaційним потенціалом.

В останніх дослідженнях ген *xpIA* був застосований з *Rhodococcus rhodochrous* для деградації RDX. Цей ген і гени *xpIA* від споріднених бактерій кодують химерний злитий білок, що складається з N-кінцевого домену флаводоксину та C-кінцевого домену P450 [16],

структура, яку раніше не бачили. Автори показують, що очищений бактеріальний фермент *xplA* може здійснювати анаеробну НАДФН-залежну деградацію RDX до 4-нітро-2,4-діазобутаналу, нітриту та формальдегіду [17] без додавання ферредоксину, як того вимагає стандарт P450s. Біохімічні дані свідчать про те, що домен P450 і домен флаводоксину взаємодіють по-новому в цьому катаболічному процесі.

Зазначається, що коли трансген *xplA* експресується в модельній рослині *Arabidopsis thaliana*, рослина стає високостійкою до токсичних ефектів RDX у ґрунті в концентраціях, які затримують ріст рослин дикого типу. Трансгенні корені *xplA* ростуть набагато краще на забрудненому RDX ґрунті, ніж коріння дикого типу або трансгенні *xplA* на незабрудненому ґрунті. Це може свідчити про те, що трансгенні рослини можуть використовувати азот, отриманий з гексогену, щоб посилити власний ріст [18].

**Висновок.** Існує високоефективний та екологічний метод відновлення деградованого та забрудненого вибухонебезпечними речовинами ґрунту в Україні, які дозволять країні в найкоротші строки повернути втрачену внаслідок війни велич аграрного сектору.

### Список посилань

1. Сайт ДНСН України <https://dsns.gov.ua/>
2. Koske, D.; Goldenstein, N.I.; Kammann, U. Nitroaromatic compounds damage the DNA of zebrafish embryos (*Danio rerio*). *Aquat. Toxicol.* 2019, 217, 105345.
3. Bolt, H.M.; Degen, G.H.; Dorn, S.B.; Plöttner, S.; Harth, V. Genotoxicity and potential carcinogenicity of 2,4,6-trinitrotoluene: Structural and toxicological considerations. *Rev. Environ. Health* 2006, 21, 217–228.
4. Travis, E.R.; Bruce, N.C.; Rosser, S.J. Microbial and plant ecology of a long-term TNT-contaminated site. *Environ. Pollut.* 2008, 153, 119–126
5. Виступ Президента України Володимира Зеленського на саміті «G20» 15.11.2022 - <https://www.president.gov.ua/>
6. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. – 32 с.
7. Ram Chandra, N.K. Dubey, Vineet Kumar *Phytoremediation of Environmental Pollutants*, Edition 1st Edition, 2017. - CRC Press, 524 p.
8. Susan Eapen, S F D&#39;Souza Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxic metals *Biotechnol Adv.* 2005 Mar;23(2):97-114. (Epub 2004 Nov 5.)
9. Richard B Meagher *Plants tackle explosive contamination Nature Biotechnology*(Vol. 24, Issue 2) Nature Publishing Group Feb. 2006
10. Esteve-Núñez, A.; Caballero, A.; Ramos, J.L. Biological degradation of 2,4,6-trinitrotoluene. *Microbiol. Mol. Biol. R.* 2001, 65, 335–352.
11. Kalafut, T.; Wales, M.E.; Rastogi, V.K.; Naumova, R.P.; Zaripova, S.K.; Wild, J.R. Biotransformation patterns of 2,4,6-trinitrotoluene by aerobic bacteria. *Curr. Microbiol.* 1998, 36, 45–54.
12. Vanderberg, L.A.; Perry, J.J.; Unkefer, P.J. Catabolism of 2,4,6-trinitrotoluene by *Mycobacterium vaccae*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1995, 43, 937–945.
13. Vorbeck, C.; Lenke, H.; Fischer, P.; Spain, J.C.; Knackmuss, H.J. Initial reductive reactions in aerobic microbial metabolism of 2,4,6-trinitrotoluene. *Appl. Environ. Microbiol.* 1998, 64, 246–252
14. Martin, J.L.; Comfort, S.D.; Shea, P.J.; Drijber, R.A.; Kokjohn, T.A. Denitration of 2,4,6-trinitrotoluene by *Pseudomonas savastanoi*. *Can. J. Microbiol.* 1997, 43, 447–455
15. Hannink, N. et al . *Nat. Biotechnol.* 19, 1168-1172 (2001).
16. Seth-Smith, H.M. et al . *Appl. Environ. Microbiol.* 68, 4764-4771 (2002).
17. Fournier, D., Halasz, A., Spain, J., Fiurasek, P. & Hawari, J. *Appl. Environ. Microbiol.* 68, 166-172 (2002).
18. Elizabeth L Rylott 1, Neil C Bruce *Plants disarm soil: engineering plants for the phytoremediation of explosives Trends Biotechnol* 2009 Feb;27(2):73-81. (Epub 2008 Dec 26.)



УДК 697.9(075.8)

**Виноградов-Салтиков В.О., канд. техн. наук, доцент**  
**Левітан С.В., магістрант**

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
bcbactn@ukr.net

## СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ

Якість повітря в приміщеннях є основним показником комфорту, яка залежить від багатьох складових та в першу чергу від забрудненості зовнішнього повітря, а також від наявності в приміщенні джерел забруднень; кількості людей, які одночасно знаходяться в приміщенні; способу і конструкції системи вентиляції і кондиціонування повітря та інші. Забруднюючі речовини можуть потрапляти в приміщення разом із зовнішнім припливним повітрям – пил, пилок, димові фракції; від життєдіяльності людей – надлишок вологи, двоокис вуглецю, запахи; джерел забруднюючих речовин в приміщенні - меблів, килимів, будівельних і декоративних матеріалів, лакофарбових покриттів. Основним показником, що до кількості повітрообміну, який регламентується нормативними документами [1, 2], є наявність в повітрі двоокису вуглецю та інтегральний показник якого показує рівень забруднення повітря токсинами, що виділяються людиною при диханні. В стандартах з вентиляції, відносно фільтрів [3], приділяють особливу увагу затриманню пилових сполук розміри частинок яких 0,3...10 мкм для систем рядової вентиляції, та затриманню ще дрібніших часток для спеціальних медичних закладів, фармакологічних підприємств тощо.

Якщо джерелом поповнення CO<sub>2</sub> в приміщенні є людина, оскільки ми видихаємо від 18 до 25 літрів цього газу на годину, який потрібно постійно чи періодично видаляти з приміщення. За спостереженнями в навчальних закладах та офісних приміщеннях вміст двоокису вуглецю може перевищувати рекомендовані норми ДБН [2, 3] більше ніж вдвічі, вміст інших ароматичних сполук підсилюють відчуття дискомфорту, знижують уважність та працездатність у людей що працюють та навчаються.

Зовнішні забруднення передбачити дуже важко. На оточуюче забруднення істотно впливає наявність промислових підприємств, наближеність автомагістралей та їх періодичне завантаження, зменшення паркових зон, сучасні кліматичні умови. На прикладі міста Києва ці процеси катастрофічно поєднуються із-за забудови старих районів та зменшення паркових зон, збільшення кількості авто, зростання населення. Крім цього зниження профілактичних та водно-аераційних заходів що до зменшення пилового забруднення.

Тому поновлення вентиляційних систем в навчальних закладах є важливою складовою виконання нормативів з оновлення повітря, а використання сучасних рекуперативних та регенеративних повітряних теплообмінників дозволить заощадити, утилізуючи від 5...45% теплової енергії на опалення в зимовий період, яке викидається з провітрюванням та в літній період на охолодження. Та з обов'язковою умовою - використання фільтрів як крупно- так і дрібнодисперсного очищення. Такі рекуператори та регенераційні повітряпідігрівачі (охолоджувачі) є в пропозиції провідних фірм з вентиляційного обладнання, як для значних за об'ємом залів та аудиторій так і невеликих класів та аудиторій. Фірми Vents, Reventa, Climtec, Blauberg. Prana та інші пропонують використання *фільтрів грубої очистки*: класи G1, G2, G3, G4 - великий пух, сажа, частки великого пилу, комах, пір'я, великі насіння рослин. Та фільтри тонкого *очищення повітря*: класи F5, F6, F7, F8, F9 - частинки розміром 0,3...10 мікрон: середній і дрібний пил, пух, середній і дрібний пилок рослин, спори грибів та цвілі навіть від бактерій.

Крім фільтрів вентиляційні системи та пристрої повинні мати функцію клімат-контролю, здатні нагрівати повітря в приміщенні до температури, заданої користувачем необхідного повітрообміну, достатнього для забезпечення в приміщенні допустимої якості

повітря та зменшення теплових втрат за рахунок рекуперації. Визначення необхідної кількості та періодичність поновлення для деяких вентиляційних установок розглядається за вмістом CO<sub>2</sub> в повітрі.

Є ще одна необхідна потреба – підтримання необхідного вологісного режиму в учбових приміщеннях. Деякі рекуператори містять дифузійнопроникні поверхні, через які повітря з вулиці додатково зволожується за рахунок вологи поглинутої з викидного зволоженого повітря.

Неприємною стороною є наявність в повітрі формальдегідів - похідних оздоблень, димних сполук та використання розчинників. Для цих сполук потрібно використовувати спеціальні поглинаючі вугільні фільтри. Ще один із показників доступний до визначення – кількісне визначення мікрочастинок розмірами 0,3...10 мкм шт/0,1л. Прилади на даний час є доступними для придбання та періодичного моніторингу стану повітря, як на зовні – на вулиці, так і в класах, аудиторіях, залах. Прикладом такого приладу може бути D91, який відноситься до класу логгерів та має програмований запис показників стану повітря, за допомогою якого проводиться аналіз стану повітря в аудиторіях та залах корпусів КПІ.



Є можливість на масштабних картах отримувати інформацію про забруднення повітря на сайтах, що передають дані в режимі реального часу, таких як AirVisual, PurpleAir, Lufdaten.info, waqi.info. Рівень забруднення повітря частіше представлений у форматі Індексу якості повітря (Air Quality Index або AQI) з показниками за колірною шкалою від 0 до 500, чим вище показник, тим брудніше повітря, крім цього є попередження відносно самопочуття людей та заходи відносно якості повітря.

Використання комплексних приладів по визначення складових повітря розширюють можливості енергоаудиту, тісно пов'язують мікроклімат в цілому в приміщеннях та комфортні умови нашого життя, знання екологічної ситуації назовні та потреби в чистому повітрі за рахунок використання сучасних вентиляційних систем та інших усвідомлених заходів.

Для визначення, придбання та встановлення бажаних за якістю децентралізованих вентиляційних систем та виконанням вимог стандартів відносно якості повітря потрібно - якісно визначити складові існуючих забруднюючих зовнішніх та внутрішніх факторів, не забути про сезонність деяких з них, що дозволить оптимізувати вибір саме необхідного обладнання.

#### Список посилань

1. ДБН В.2.2-3:2018. Будинки і споруди. Заклади освіти. 61 с.
2. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. –[Чинний від 2014-01-01]– К.: Мінрегіон, 2013. – 141 с. – (Національний стандарт України)
3. ISO 16890. Повітряні фільтри для систем кондиціонування повітря загального призначення.

УДК 550.3

**Ігнатишин В.В., канд. фіз.-мат.наук, старший науковий співробітник**  
Відділ сейсмічності Карпатського регіону, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН  
України, [rgstrs1962@i.ua](mailto:rgstrs1962@i.ua);

Доцент Закарпатського угорського інституту ім. Ференца Ракоці II

**Ігнатишин А. В., інженер II категорії**

**Ігнатишин М. Б., провідний інженер**

Відділ сейсмічності Карпатського регіону, Інститут геофізики ім.С.І. Субботіна НАН  
України, [sitkomonika@i.ua](mailto:sitkomonika@i.ua)

## ГЕОДИНАМІЧНИЙ СТАН В ЗАКАРПАТСЬКОМУ ВНУТРІШНЬОМУ ПРОГІНІ В 2022 РОЦІ: ГІДРОГЕОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ

Вивчення екологічного стану Закарпатського внутрішнього прогину за останні роки показав на його різноманітні аспекти. Поряд із гідрологічним та метеорологічним аспектом варто пам'ятати і сейсмотектонічний аспект, який проявляється з частотою набагато меншою за гідрологічні фактори ризику. Проте слід пам'ятати, що територія Закарпаття є сейсмогенеруючою ділянкою, де можливі 7-8 бальні землетруси за результатами сейсмічного районування. Численні дослідження в регіоні відмічали зв'язок інтенсивних атмосферних опадів із аномальними горизонтальними рухами в зоні Оашського глибинного розлому, які супроводжувалися вивільненням енергії напружено-деформованого стану порід. Аналіз результатів досліджень присвяченій вивченню гідрологічних процесів відмітив результати важливі для розуміння складних процесів в земній корі.

В[1] наведено методику довгострокового регіонального часового прогнозування природного гідрогеодинамічного режиму, виділено ділянки з однорідним режимом багаторічної мінливості рівнів ґрунтових вод. В [2] показано, що антропогенне навантаження на підземні води обумовлене різними видами господарської діяльності і залишається одним із основних факторів, що впливають на гідрогеохімічні процеси, які викликають забруднення підземних вод. В [3] показано, що багаторічний ряд моніторингових спостережень за співвідношенням екологічних груп діатомей на різних глибинних рівнях дозволить отримати інформацію про їх тренд, а через те річні та сезонні зміни гідрографічних показників водного середовища та характеру осадконакопичення. Отримані в [4] результати вказують, що за 30-річний період значно зріс вплив локальних техногенних джерел забруднення на підземні води, тобто збільшилася кількість забруднюючих речовин, що надходить з денної поверхні. В [5] показано, що створення алгоритму обробки вхідної гідрогеологічної інформації включає створення і наповнення спеціалізованої бази даних. Дослідження, проведені на Карпатському геодинамічному полігоні відмітили зв'язок метеорологічного та гідрогеологічного станів із екологічними процесами в регіоні, зокрема геологічного характеру [6].

**Метою роботи** є вивчення зв'язку характеру сучасних сейсмотектонічних процесів та екологічно-небезпечними геологічними явищами.

**Об'єктом дослідження** є варіації геодинамічного стану регіону, гідрогеологічного стану середовища.

**Предметом дослідження** є вивчення характеру зміщення в зоні Оашського глибинного розлому, зв'язок рівня води в річках басейну та свердловинах із сучасними рухами кори.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставленої задачі використано результати геофізичного моніторингу на території Закарпатського внутрішнього прогину, проведених на режимних геофізичних станціях Карпатського відділення, Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім.С. І. Субботіна НАН України, зокрема на режимній геофізичній станції „Тросник” та пункті деформометричних спостережень „Королеве” за 2022 рік. В січні 2022 року сучасні рухи кори представлені локальним

розширенням порід на початку місяця та інтенсивним стисненням порід протягом першої декади, поступове розширення порід протягом другої та третьої декад повертає геодинамічний стан в початкове положення. Варто відмітити суттєву кореляцію рядів спостереження як сучасних рухів кори так і варіацій рівня води в свердловині глибиною 10 м (рисунки 1).

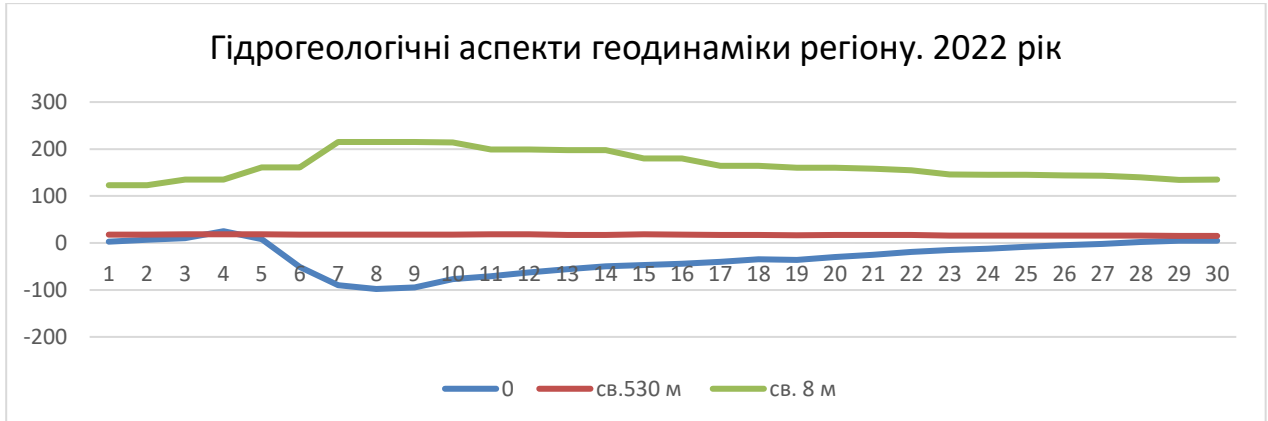


Рис. 1. – Гідрогеологічні аспекти геодинаміки регіону. Закарпатський внутрішній прогин. Січень 2022 року: сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому( крива синього кольору; рівень води в свердловині глибиною 530 м на РГС „Тросник”(крива коричневого кольору); рівень води в свердловині глибиною 10 м на РГС „Тросник”( крива зеленого кольору).

Загальний рух води в свердловині глибиною 530 м представлений зниженням рівня води, що характерне для розширення порід в даному місці, що відповідає графіку рухів кори на пункті деформометричних спостережень „Королеве”, розташованому за 13 км від даної точки вимірювань. Загальний характер рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2022 рік становить стиснення порід величиною:  $-31 \text{ мкм}$  (1087 нстр),  $-10 \times 10^{-7}$ . Аналіз варіацій рівня води в свердловині глибиною 10 м показав на взаємозв'язок геомеханічних та гідрогеологічних процесів, стиснення порід супроводжується підвищення рівня води в свердловині і зменшення рівня води співпадає в часовому інтервалі розширення порід. Отже, підтверджується гідрогеологічний аспект геодинамічного стану регіону, який супроводжується інтенсивними сейсмотектонічними процесами.

#### Список посилань

1. Л. Давибіда. Довгостроковий регіональний прогноз і картування природного режиму рівнів ґрунтових вод ( на прикладі територій окремих адміністративних областей). Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія, 2012, N 56. Сс. 45-48.
- 2.Остроух.О. Природні та антропогенні чинники зміни хімічного складу підземних вод на території південно-західної частини Закарпатської області. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія, 2012, N 57. Сс. 67-69.
3. Тимченко Ю., Наседкін Є. Перспективи застосування методів діатомового аналізу для моніторингу впливу гідрометеорологічних факторів на процеси осадконакопичення. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія, 2012, N 58. Сс. 4-10.
4. Щербак О. Методичні аспекти оцінки антропогенного впливу на підземну гідросферу на прикладі Херсонської області. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія, 2013, N 60. Сс. 59-63.
5. Остроух О. Науково-методичний підхід до опрацювання гідрогеологічної інформації з використанням геоінформаційних технологій ( на прикладі хімічного складу підземних вод південно-західної частини Закарпатської області). Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія, 2013, N 60. Сс. 75-79.
6. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин А.В. Гідрогеологічний аспект сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині. Вісник Київського

національного університету ім.Тараса Шевченка. -Геологія. -2022.- 98(3). Сс. 42-48. Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology. (2022). v. 3(98). pp. 42-48. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.98.05>

УДК 621.316

**Кулик Б.І., канд. техн. наук**  
**Журко В.П., старший викладач**  
**Чечуга П.В., магістр**

Національний університет "Чернігівська політехніка", kulbi@ukr.net

### **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МОДУЛЬНИХ МІСТЕЧОК ДЛЯ ПЕРЕСЕЛЕНЦІВ**

В умовах російської агресії в нашій країні багато людей залишилися без житла та вимушені переселятися в регіони де не йдуть активні бойові дії. Для таких людей будуються модульні містечка, житловий фонд яких складається з двоповерхових модульних гуртожитків (рис. 1а), одноповерхових модульних житлових будівель (рис. 1б). Також в модульному містечку розміщуються громадські будівлі: модульні лікарня та школа (рис. 1в), магазин, насосна станція та очисні споруди (рис. 1г). Всі житлові будівлі оснащені електроплитами та електроопаленням, а для забезпечення гарячою водою встановлюються електричні бойлери.

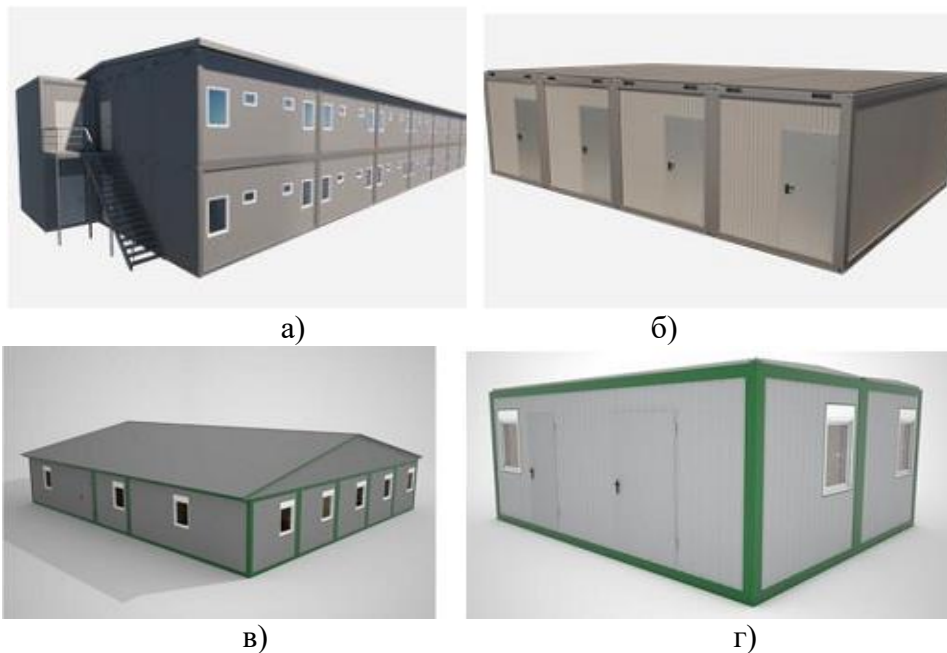


Рис. 1 – Зовнішній вигляд модульних будівель

Можливість функціонування таких модульних містечок залежить від надійного електропостачання. Основну частину електричного навантаження модульного містечка становить II категорія електроспоживачів, також присутня I категорія, до якої відносять будівлі насосних станцій та очисних споруд. I категорію необхідно забезпечити електроенергією обов'язково від двох джерел незалежного живлення і перерва в електропостачанні можлива лише на час автоматичного введення резервного живлення [1].

За питомим розрахунковим електричним навантаженням житло поділяють на три види [2]. Житло першого виду в свою чергу поділяється на п'ять рівнів електрифікації. До першого рівня відносяться будинки в яких в якості енергоносія використовується скраплений газ. В будинках, які відповідають другому рівню електрифікації



використовують скраплений газ або тверде паливо. Третій рівень формують оселі у яких використовуються електроплити потужністю до 8,5 кВт, а в помешканнях четвертого рівня електроплити потужністю до 10,5 кВт. П'ятий рівень електрифікації складають будинки на ділянках садових товариств. Житло другого та третього виду відноситься до високого рівня комфортності. Житлові будинки модульного містечка будуть віднесені до першого виду житла і третього рівня електрифікації споруд, що дозволить отримати їхні розрахункові навантаження. Так для модульного містечка на 1000 чоловік розрахунковим шляхом було отримано розрахункове навантаження – 1,2 МВт.

При виконанні нового будівництва чи проведенні реконструкції існуючих розподільних електричних мереж необхідно забезпечити [3, 4]:

- надійність електропостачання у відповідності до вимог нормативно - технічних документів, також необхідно враховувати можливість збільшення електричних навантажень та обсягів споживання електричної енергії;
- електричну та екологічну безпеку експлуатації складових елементів розподільчої електричної мережі;
- гнучкість, пристосованість до різних режимів роботи;
- можливість її наступного розвитку без докорінних змін з урахуванням раціонального сполучення з майбутніми мережами більш високого рівня;
- зменшення втрат електричної енергії на її передачу, та споживання електроенергії на власні потреби;
- відповідний нормативний рівень якості електричної енергії [5].

Проведені дослідження сталих режимів роботи району електричних мереж АТ «Чернігівобленерго» показали, що не в будь-якому вузлі можливе приєднання електричних навантажень модульних містечок без реконструкції мереж, особливо за максимальних навантажень зимою (пропускна здатність діючих електричних мереж не дозволяє передати відповідні потужності чи напруга у вузлах не відповідає нормам).

Для часткового енергозабезпечення модульних містечок доцільно використовувати відновлювальні джерела енергії, зокрема фотоелектричні панелі. При виборі місця розміщення додаткових джерел генерації доцільно розв'язувати топографічну задачу [6] та використовувати критерії оптимізації [7].

Таким чином, розглянуто вимоги до забезпечення електропостачання модульних містечок, врахування яких дозволить ефективно експлуатувати існуючі електромережі електропостачальних компаній та проєктовані мережі самих містечок.

#### Список посилань

1. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Форт, 2017 – 760 с.
2. ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення». Міністерство регіонального розвитку та будівництва України – К.: ДП «Укранархбудінформ», 2010. – 108 с.
3. Зорин В.В. Системы электроснабжения общего назначения / В.В. Зорин, В.В.Тисленко. – Чернигов: ЧГТУ, 2005. – 341 с
4. СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-103:2014 Виконання схем перспективного розвитку ОЕС України, окремих енерговузлів та енергорайонів. Правила.
5. ДСТУ EN 50160:2014 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення.
6. T. Kulko, V. Bodunov, A. Prystupa and A. Gai, "Placement of distributed generation considering topology," 2017 IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (YSF), 2017, pp. 32-35, doi: 10.1109/YSF.2017.8126587.
7. V. Bodunov, T. Kulko, A. Prystupa and A. Gai, "Topological Task of Distributed Generation Placement Using a Pareto optimization," 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), 2018, pp. 183-188, doi: 10.1109/IEPS.2018.8559502.



UDC 621.3

**Dmytro Zakharchenko, PhD student**  
**Serhii Stepenko, PhD in Technical Sciences, Associate Professor**  
**Tymofii Yakushkin, PhD student**  
Chernihiv Polytechnic National University, [dimazakhar@gmail.com](mailto:dimazakhar@gmail.com)

## **BATTERY STATE OF CHARGE ESTIMATION AS A COMPONENT OF COMPLEX QUALITY ASSURANCE OF THE AUTONOMOUS ELECTRIC POWER SYSTEM**

The efficient operation of an energy storage device is based on continuous monitoring of the state of its main parameters [1]. An urgent task is to determine the structure of the energy storage control system and develop an algorithm for its charge, which will determine the optimal ratio of the storage time and the time spent on the charging and balancing process. The development of electric power systems has recently been characterized by an intensive growth in the use of energy storage devices such as batteries or capacitors [2]. This is largely facilitated by progress in such areas as renewable energy sources, network technologies for data processing and management based on smart grid technologies. A rechargeable battery based on lithium-ion batteries has an optimal ratio of weight and size characteristics and stored energy and, as a result, can be used not only in stationary, but also in mobile systems for various purposes [3].

The safe and efficient operation of batteries is based on continuous monitoring of the main parameters of the battery, as well as monitoring of the charge/discharge history and the actual capacity. When forming a multi-element series-connected battery, the problem of voltage spread and charge levels of individual battery cells arise. When at least one of the cells reaches the critical voltage during discharge, it is necessary to disconnect the drive from the load, since further discharge will lead to a violation of the operating requirements. In this case, the capacity of the battery will be determined by the capacity of the weakest cell.

State of Charge (SOC) management: SOC can be referred to as a parameter that characterizes the amount of energy that is stored in the energy storage at a certain point in time. In order for the accumulation of electricity to be as efficient as possible, the storage management system must maintain the SOC in the required range, which is predetermined. This range makes it possible to balance the availability of energy and increase the durability of the drive.

Currently, there are several ways to measure SOC of an energy storage device, in our case a lithium-ion battery or its depth of discharge (DOD) [4]. Some methods are quite difficult to implement and require complex and technologically advanced equipment. We will look at two of the most popular and at the same time simple ways to assess SOC of a battery, namely: 1) Voltage or open circuit (OCV) method and 2) Coulomb counting method.

SOC estimation by OCV. All types of batteries have one thing in common: their voltage always changes as their charge level changes, namely the highest voltage will be when the battery is fully charged and the lowest when the battery is discharged. This dependence of the charge level on the battery output voltage depends on the type of battery and the technologies used in it. Fig. 1 shows the voltage versus charge level for a lead acid and lithium-ion battery. On these dependencies, you can see that the first type of battery has a fairly linear relationship, which makes it easy and accurate to assess the level of its charge after measuring its voltage [5].

A lithium-ion battery has a different dependency; it maintains a stable voltage for a fairly large range of charge levels. In the operating range, the output voltage of such a battery changes slightly. This type of battery has the simplest dependence curve on the graph, which makes it difficult to assess SOC when simply measuring the output voltage, namely, it makes it inaccurate. Fig. 1 shows that for a charge level of 40% and 80%, the voltage difference is 6V for a lead-acid battery and only 0.5V for a lithium-ion battery. At the moment, calibrated priors are used to determine the charge level of a lithium-ion battery by voltage, which allows accurate measurement of voltage and, in combination with modulation of the load curve, allows you to calculate the SOC value with

an accuracy of 10%. The disadvantage of such devices is the need to disconnect the load from the battery and put it to rest for the measurement.

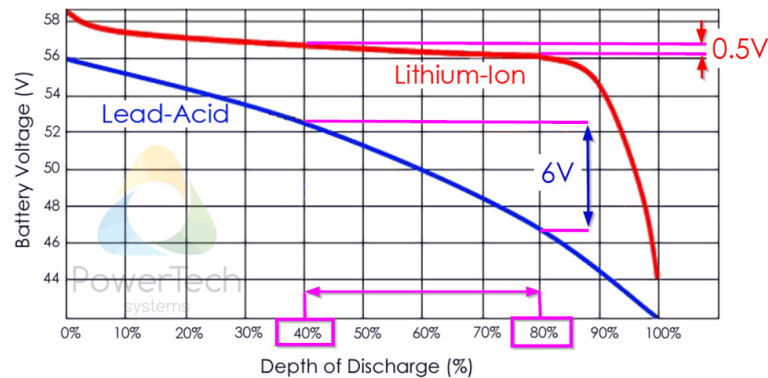


Fig. 1 – Voltage ratio to the level of charge for a lead acid and lithium-ion battery.

SOC estimation using the Coulomb counting method. To determine the level of charge of the battery, the method of current, which is produced simultaneously with the use of the battery, is quite accurate. This integration makes it possible to determine the number of charges that have entered or have been removed from the battery during its use. This technique makes it possible to accurately determine the SOC value of the battery [6]. Unlike the open circuit voltage method, this method allows SOC measurements to be taken while the battery is in use. To do this, it is not required to turn off the workload and put the battery into a dormant state. When using this method, the current measurement is performed by a precision resistor, certain errors may occur, which are associated with the sampling rate. To minimize and correct these errors, it is necessary to calibrate the coulomb counter at each load cycle. This method allows measuring SOC of a lithium-ion battery with an accuracy of up to 1%, which makes it possible to accurately know the level of remaining energy in the battery [7]. Unlike the OCV method, this one allows the determination of SOC regardless of the fluctuating power of the battery, which can cause a drop in output voltage, and the accuracy is maintained regardless of whether the battery is used.

### References

1. A. Prystupa, V. Kazymyr, A. Zabašta, A. Revko, S. Stepenko and K. Novyk, "Autonomous Power Supply Development for Hydrometeorological Monitoring Station," 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON), Riga, Latvia, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830499.
2. J. Chiasson, B. Vairamohan, "Estimating the State of Charge of a Battery" in Control Systems Technology, IEEE Transactions, June 2005
3. S. Pang, J. Farrell, J. Du, and M. Barth, "Battery state-of-charge estimation," in Proceedings of the American Control Conference, vol. 2, pp. 1644—1649, June 2001.
4. M. O. Qays, Y. Buswig, M. L. Hossain and A. Abu-Siada, "Recent progress and future trends on the state of charge estimation methods to improve battery-storage efficiency: A review," in CSEE Journal of Power and Energy Systems, vol. 8, no. 1, pp. 105-114, Jan. 2022, doi: 10.17775/CSEEJPES.2019.03060.
5. Zakharchenko, D., Stepenko, S. (2020). Review and justification of the energy storage devices selection for electric power facilities operation. Technical Sciences and Technologies, 4(22), 198–209. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-4\(22\)-198-209](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-4(22)-198-209).
6. Kong Soon Ng, Chin-Sien Moo, Yi-Ping Chen, Yao-Ching Hsieh, "Enhanced coulomb counting method for estimating state-of-charge and state-of-health of lithium-ion batteries" Applied Energy, Volume 86, Issue 9, September 2009, Pages 1506-1511.
7. K. Movassagh, A. Raihan, B. Balasingam, K. Pattipati, "A Critical Look at Coulomb Counting Approach for State of Charge Estimation in Batteries" Energies 2021, 14, 4074. <https://doi.org/10.3390/en14144074>.

УДК 621.3

Якушкін Т.В., аспірант  
 Степенко С.А., канд.техн.наук, доцент  
 Єршов Р.Д., старший викладач  
 Захарченко Д.С., аспірант

Національний університет «Чернігівська політехніка», serhii.stепенко@stu.cn.ua

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ ТА ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ПОХИБОК ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

Моделювання є необхідним етапом під час дослідження або розробки фотоелектричних систем (ФЕС). Процес моделювання та симуляції таких систем має свої особливості, до основних можна віднести наступні:

**1 Нелінійність вихідного сигналу.** Вихідний сигнал з сонячної панелі (СП) або графік вихідної потужності є нелінійним, він буквально відтворює криву вхідних параметрів, наприклад освітленості [1]. Тому є логічним, що будь-яка зміна у вхідних параметрах буде призводити до змін вихідної потужності.

**2 Залежність від погодних умов.** Ця особливість є дуже важливою тому, що вихідна потужність ФЕС на пряму залежить від основних вхідних параметрах: температури та освітленості. А наявність часткового або повного затінення СП ставить нові задачі перед дослідникам у пошуку шляхів оптимізації роботи ФЕС для підвищення ефективності перетворення енергії в таких умовах [2].

**3 Мінливість сонячної освітленості.** Освітленість – це кількість сонячної радіації (випромінювання), яка потрапляє на поверхню СП. Інтенсивність або тривалість освітленості може бути дуже мінливою (залежно від того, наскільки чисте небо, яка висота та положення сонця відносно СП). Тому якщо брати це до уваги, і намагатися точно змоделювати графік мінливості освітленості, то це дозволить підвищити загальну точність моделювання ФЕС [4].

**4 Географічне положення.** Моделювати ФЕС необхідно з врахуванням географічного положення місця для якого ви проводите моделювання. Тому що загалом, моделювання досліджуваної системи повинно порівнюватися з реальним експериментом, щоб бачити наскільки модель є придатною для використання у реальному житті та чи не потребує вдосконалень. Для цього можна брати статистичні дані освітленості та температури як вхідні параметри системи для вашого місця розташування.

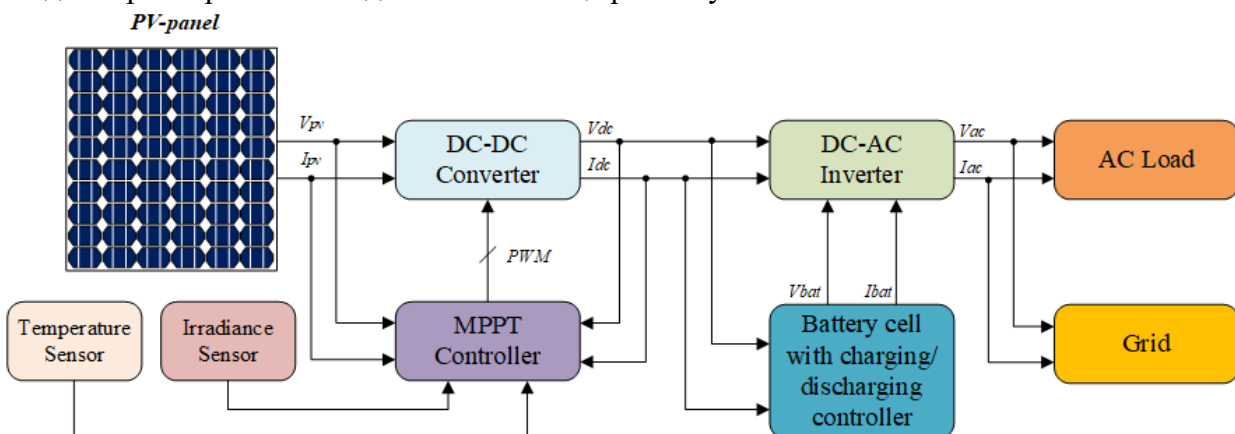


Рис. 1 – Повна структурна схема ФЕС

Можна відмітити, що вищезазначені особливості мають багато чого спільного між собою, вхідні параметри освітленості, температури які залежать від різних факторів. Але хотілось би окремо відмітити таку важливу особливість як **компоненти системи**.

Саме за допомогою моделювання повної схеми ФЕС (рис.1) або окремих частин у її складі, таких як МРРТ-контролери [3, 5], топології і модифікації DC-DC перетворювачів, DC-AC перетворювачів (інвертор) для підняття ефективності перетворення енергії [6], контролери заряду/розряду акумуляторних батарей, можна спрогнозувати поведінку моделі у реальних умовах. Багато досліджень присвячено моделюванню і вдосконаленню окремих частин ФЕС.

Моделювання не завжди може бути ідеальним, необхідно завжди приділяти увагу похибкам які можуть виникати у експлуатації реальної ФЕС для відображення більш наближеного результату.

Звісно завжди можна розглядати моделі у простому випадку як ідеальні, але і результат моделювання може бути дуже далеким від реального.

Тому можна зазначити, що моделювання ФЕС є по суті своєю комплексною задачею, де потрібно враховувати багато факторів, які можуть впливати та вносити значні похибки.

Як приклад таких факторів виділимо наступні: вплив вхідних параметрів (нерівномірність графіку освітленості, затінення та надлишкове нагрівання поверхні СП, тощо), компоненти системи (деградація пасивних та активних елементів, їх можливий перегрів, короткі замикання або обрив), точність вимірювальних сенсорів, ефективність перетворювачів напруги (DC/DC, DC/AC), якість фотоелементів та їх старіння.

Дане дослідження виконується в рамках науково-дослідного проекту молодих вчених «Забезпечення максимальної ефективності автономних електроенергетичних систем на основі фотоелектричних перетворювачів для спеціальних застосувань» №0123U100975 за підтримки Міністерства освіти і науки України.

#### Список посилань

1. Т.В. Якушкін, В.В. Казимир, С.А. Степенко. Моделювання контролера МРРТ для NANOGRID / Новітні технології сучасного суспільства: II Міжнар. наук.-практ. конф.: тези доповідей: у 2 ч. Ч. I. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – С. 158-160.
2. J. Du, R. Xu, X. Chen, Y. Li and J. Wu, “A novel solar panel optimizer with self-compensation for partial shadow condition” 2013 Twenty-Eighth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Long Beach, CA, USA, 2013, pp. 92-96.
3. Т.В. Якушкін, Д.С. Захарченко. Відстежування точки максимальної потужності фотоелектричних перетворювачів у мережах Nanogrid / Новітні технології сучасного суспільства: III Міжнар. наук.-практ. конф.: тези доповідей – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – С.61-63.
4. Roncero-Clemente, C., Stepenko, S., Husev, O., Miñambres-Marcos, V., Romero-Cadaval, E., Vinnikov, D. Three-Level Neutral-Point-Clamped Quasi-Z-Source Inverter with Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Systems. Technological Innovation for the Internet of Things. DoCEIS 2013. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 394. Springer, Berlin, Heidelberg. 2013. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-37291-9\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37291-9_36)
5. C. Roncero-Clemente, O. Husev, V. Miñambres-Marcos, S. Stepenko, E. Romero-Cadaval and D. Vinnikov, “Comparison of three MPPT algorithms for three-level neutral-point-clamped qz-source inverter” 2013 International Conference-Workshop Compatibility And Power Electronics, Ljubljana, Slovenia, 2013, pp. 80-85, doi: 10.1109/CPE.2013.6601133.
6. Stepenko, S.; Husev, O.; Vinnikov, D.; Roncero-Clemente, C.; Pires Pimentel, S.; Santasheva, E. Experimental Comparison of Two-Level Full-SiC and Three-Level Si-SiC Quasi-Z-Source Inverters for PV Applications. Energies 2019, 12, 2509. <https://doi.org/10.3390/en12132509>

UDC 621.3

**Kateryna Novyk, PhD student**  
**Serhii Stepenko, PhD in Technical Sciences, Associate Professor**  
**Anatoliy Prystupa, PhD in Technical Sciences, Associate Professor**  
**Oleksandr Hlushko, PhD student**  
Chernihiv Polytechnic National University, ekaterinanovik965@gmail.com

## **KEY PERFORMANCE INDICATORS DETERMINING THE QUALITY OF THE PHOTOVOLTAIC SYSTEMS**

In the early stages of the mass adoption of PV modules, manufacturers reduced their costs to make them more affordable, ignoring their carbon footprint, and leading to a huge e-waste. Although reducing the thickness of photovoltaic cells simplifies their application, it completely ignores the durability and maintainability of panels [1], which significantly affect the system's quality.

At the moment, consumers in Ukraine are forced to look for ways to ensure autonomy to maintain basic household needs and ensure technological processes in production due to damage to energy infrastructure facilities. Autonomous and hybrid photovoltaic installations with an energy conservation system are used as an additional power source.

When choosing a hybrid or autonomous inverter, it is necessary to pay attention to the functionality and completeness of the device. Such a station must support various modes of operation, in particular, without batteries. To extend the service life, you should pay attention to lithium-ion or lithium-iron-phosphate accumulators. In addition, the station scheme must include additional devices for adjusting modes during autonomous operation and reducing generation during the active phase of the day [2].

In particular, NREL tests have shown that degradation and peak power losses are almost entirely caused by short-circuit current losses. These losses are almost identical for monocrystalline and polycrystalline panels and strongly depend on the production process [3]. The decline in current module production can be partially explained by visually observable physical defects, including darkening of EVA, delamination at the Si-cell/EVA interface, and localized hot spots.

In general, the main factors that influence the quality of PV systems are listed below [4]:

- The efficiency of a PV system is affected by module temperature, which usually decreases with increasing temperature. Recommendations to reduce the impact of this problem: keep a sufficient gap between the modules and the roof (or ground) to allow convective air flow to cool them; ensure that panels and supporting structure are light-colored so that heat absorption will be less; use perforated base structure to increase cooling; do not keep inverters below and close to the modules; and use cooling fans [5].

- Almost all types of modules show a decrease in efficiency at low light intensity. The strength of this effect depends on the type of module.

- Some light is reflected from the surface of the modules and never reaches the actual photovoltaic material. There is a strong dependence on the angle at which the light falls on the module. The more light that comes in from the side, the higher the percentage of reflected light. This effect varies somewhat between module types.

- The conversion efficiency depends on the spectrum of solar radiation. While almost all photovoltaic technologies have good performance for visible light, there are large differences in efficiency for near-infrared radiation. If the light spectrum were always the same, then this effect would be considered part of the nominal efficiency of the modules. But the spectrum changes depending on the time of day and year and the amount of scattered light.

- Some module types have long-term performance changes. In particular, modules made of amorphous silicon are prone to seasonal fluctuations in performance caused by prolonged exposure

to light and excessively high temperatures. Solar PV panels usually degrade faster in the first few years of their life. In general, the rated power output of solar panels typically degrades at about 0.5 %/year [6].

- Mounting position. For fixed systems, the way the modules are mounted will affect the temperature of the module, which in turn affects efficiency. It has been experimentally proven that if the movement of air behind the modules is limited, the modules can heat up significantly.

- Angle of inclination. This is the angle of inclination of the photovoltaic modules to the horizontal plane for stationary installation. It is also noted that measurements of global radiation are carried out on a horizontal surface. Maximum radiation can be obtained by tilting the surface at an optimal angle, which is determined by the latitude of the location.

- Parasitic resistances. The series and shunt resistances of a PV cell, called “parasitic resistances”, lead to increased power losses, which ultimately lead to reduced module efficiency.

- Losses in PV Solar systems. There are several causes for this loss, such as losses in cables, power inverters, dirt (sometimes snow) on the modules, ambient temperature, varying insolation levels, and so on. In addition, reflection losses due to larger incidence angles result in higher reflection losses than accounted for in the rated power. In particular, the contamination of the solar cells due to the accumulation of dust and dirt, especially on the lower edge of the module. Also, mismatch losses are caused by the series and parallel connection of solar modules, since the power of the entire photovoltaic array under the worst conditions is determined by the solar module with the lowest power. Finally, maximum power point tracking (MPPT) losses, as the output power of the PV module varies with sun direction, solar insolation level, and temperature.

The use of different MPPT algorithms can significantly affect the level of power losses in the inverter-based PV systems, but the complexity of the MPPT algorithm is usually taken into account within consideration of the optimal solution for particular application [7].

In summary, PV power plants play an important role in wartime, so it is important to control the quality indicators to increase the energy efficiency of these systems. These include temperature and other climatic conditions, radiation levels, energy conversion efficiency, panel placement, system losses, parasitic resistances, and module degradation due to aging. Obviously, with an increase in the service life of the system, there is a better return on investment.

### References

1. Majdi, A., Alqahtani, M. D., Almakytah, A., & Saleem, M. (2021). Fundamental study related to the development of modular solar panel for improved durability and repairability. *IET Renewable Power Generation*, 15(7), 1382-1396.
2. Sokolovsky, O., & Tereshchuk, T. (2023). FEATURES OF THE OPERATION OF PHOTOELECTRIC PLANTS WITH ENERGY STORAGE DEVICES. *Grail of Science*, (24), 287-295.
3. C.R. Osterwald, A. Anderberg, S. Rummel, and L. Ottoson, “Degradation Analysis of Weathered Crystalline-Silicon PV Modules”, 29th IEEE PV Specialists Conference, New Orleans, Louisiana, May 20-24, 2002.
4. B. D. Sharma. (2011). PERFORMANCE OF SOLAR POWER PLANTS IN INDIA. URL: <http://cercind.gov.in/2011/Whats-New/PERFORMANCE%20OF%20SOLAR%20POWER%20PLANTS.pdf>
5. Vidyanandan, K. V. (2017). An overview of factors affecting the performance of solar PV systems. *Energy Scan*, 27(28), 216.
6. D.C. Jordan and S.R. Kurtz, “Photovoltaic Degradation Rates - An Analytical Review”, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 21, no. 1, pp. 12-29, Jan. 2013.
7. C. Roncero-Clemente, O. Husev, V. Miñambres-Marcos, S. Stepenko, E. Romero-Cadaval, D. Vinnikov, "Comparison of three MPPT algorithms for three-level neutral-point-clamped qz-source inverter," 2013 International Conference-Workshop Compatibility and Power Electronics, Ljubljana, Slovenia, 2013, pp. 80-85, doi: 10.1109/CPE.2013.6601133.



## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ВТРАТ АКТИВНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Навантажувальні втрати, як складова втрат електроенергії при її транспортуванні та розподілі, є важливим технічним показником, який впливає на показники як технічної так і економічної ефективності функціонування електричних мереж [1]. Наявність систем автоматизованого керування технічним обліком електроенергії на вузлових підстанціях дозволяє в реальному часі фіксувати відпуск електроенергії з шин підстанцій а також забезпечує статистику по зміні навантажень. В той же час неможливість автоматизованої фіксації потоків енергії в усіх точках загального приєднання призводить до необхідності використання розрахункових методів оцінки втрат електроенергії.

В рамках даного дослідження за статистичними даними відпуску енергії по підстанції 35/10 кВ «Ялівщина» з інтервалом осереднення 1 год за зимовий період 2020/21 року було проведено розрахунок часу максимального навантаження ( $T_M$ ) та часу максимальних втрат ( $\tau$ ) по кожному приєднанню. В результаті було отримано значення тривалості максимального навантаження в діапазоні  $T_M=(0,065\dots0,614)$  в.о. та відповідні значення тривалості максимальних втрат  $\tau=(0,08\dots0,411)$  в.о. На рис. 1 наведено графіки навантаження за тривалістю для приєднань «ТП-330» та «РП-7», для яких маємо однакові значення  $T_M=0,614$ . Виражена дискретність даних по вводу «РП-7» пов'язана із кроком дискретності вихідних даних.

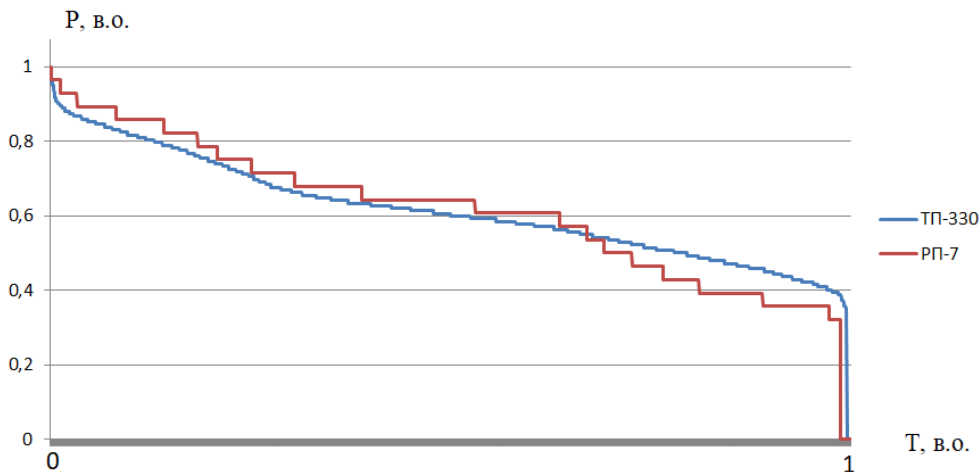


Рис. 1 – Графіки навантаження за тривалістю для приєднань «ТП-330» та «РП-7»

Таким чином, в окремих випадках, коли вихідні статистичні дані отримані з системи обліку електроенергії мають значну дискретність, використання при розрахунку навантажувальних витрат активної електроенергії наближених емпіричних формул вигляду  $\tau=f(T_M)$  [1, 2] дозволяє її компенсувати. Що особливо актуально у випадках, коли реальні навантаження значно менші за проектні.

### Список посилань

1. Зорін В.В. Електричні мережі та системи (окремі розділи) / Зорін В.В., Штогрин Є.А., Буйний Р.О. – Ніжин: ТОВ «Аспект-Поліграф», 2011. – 248с.
2. Kulczycki J. pod redakcją: Straty energii elektrycznej w sieciach dystrybucyjnych, РТРiРЕЕ, Poznań, 2009.

UDC 621.3

**Oleksandr Hlushko, PhD student**  
**Serhii Stepenko, PhD in Technical Sciences, Associate Professor**  
**Kateryna Novyk, PhD student**  
 Chernihiv Polytechnic National University, sashahlushkovo@gmail.com  
**Dmytro Zhuk, PhD in Technical Sciences, Associate Professor**  
 Mykolaiv National University of Shipbuilding, dmytro.zhuk@nuos.edu.ua

### ENERGY EFFICIENCY AS KEY COMPONENT IN THE COMPLEX QUALITY ASSURANCE OF THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM

The problems of energy efficiency improvement as well as electromagnetic compatibility issues are of great importance nowadays. Especially these topics become urgent within the development of the Smart Grid concept and efficiency analysis in distributed electrical networks [1]. The energy efficiency of photovoltaic systems depends on the quality of the components, influence factors to increasing efficiency:

- 1) high-efficiency solar panels,
- 2) optimization of system design,
- 3) use of tracking systems [2], [3],
- 4) keeping PV panels clean,
- 5) use of high-quality components [4], [5],
- 6) optimization of the PV panel angle and orientation [2],
- 7) use of energy storage systems [6], and
- 8) their degradation in the process of generating electricity.

Article [7] describes degradation of the main components of photovoltaic (PV) systems. The photovoltaic components life expectancies are as follow:

Solar Modules - up to 30 years; Inverters - up to 15 years for small plants; 30 years with 10% of partial replacement for every 10 years; Structure - roof-top structures - 30 years and ground mounted structures - between 30 to 60 years; Cables - 30 years.

Table 1 shows degradation of the main components of PV systems. For example, Trina Solar Company [8] produces PV panels with degradation power up to 84.8% during 25 years.

Table 1 - Important component failure rate of photovoltaic system

Photovoltaic system components	1st year degradation	Degradation between 1st and 3rd year	Degradation after 3rd year
PV panels	25%	15%	15%
Mounting structure	3%	1%	1%
Cables, Protections electrical connectors	10%	20%	30%
Inverters	55%	60%	50%
Low voltage equipment	5%	3%	3%
Energy meters	2%	1%	1%

The maximum power can be obtained using proper MPPT technique [3]. In article [9] PV panel performance parameters without tracker and with tracker were compared (Fig. 1).

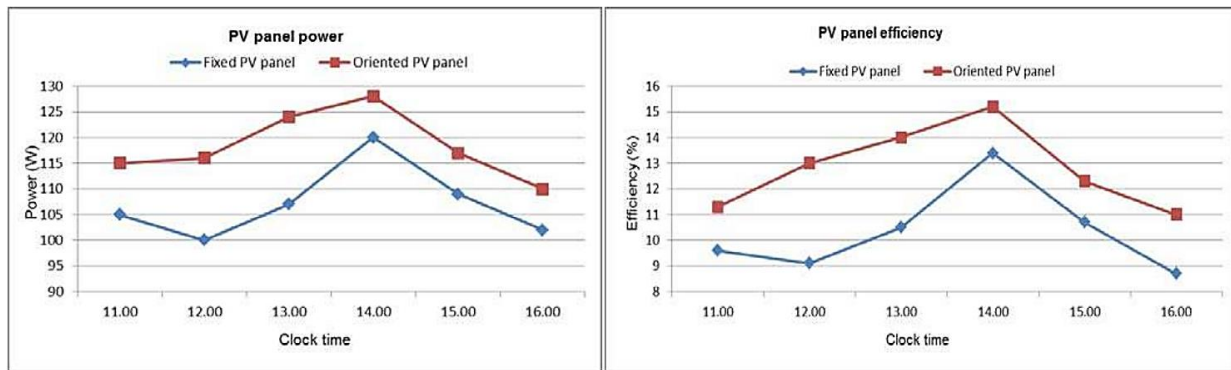


Fig. 1 – Experimental graphs of the power and efficiency dependencies for the PV systems with tracking and without [9]

Summing up, for energy efficiency of the photovoltaic systems the significant impact is made by the use of tracking systems and use of high-quality components.

This study is performed in the frame of the research project “The maximum efficiency assurance of autonomous electrical power systems for special applications based on photovoltaic converters” #0123U100975 supported by the Ministry of Education and Science of Ukraine.

### References

1. R. D. Yershov, D. O. Naumov, A. S. Revko and K. O. Tytelmaier, "Energy efficiency analysis in distributed electrical networks based on embedded system and combined calculation algorithm," 2015 International Young Scientists Forum on Applied Physics (YSF), Dnipropetrovsk, Ukraine, 2015, pp. 1-4, doi: 10.1109/YSF.2015.7333224.
2. O. Veligorskyi, R. Kosenko and S. Stepenko, "High-efficiency solar tracker development and effectiveness estimation," 2014 IEEE International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Kyiv, UKraine, 2014, pp. 153-158, doi: 10.1109/IEPS.2014.6874169.
3. C. Roncero-Clemente, O. Husev, V. Miñambres-Marcos, S. Stepenko, E. Romero-Cadaval and D. Vinnikov, "Comparison of three MPPT algorithms for three-level neutral-point-clamped qz-source inverter," 2013 International Conference-Workshop Compatibility And Power Electronics, Ljubljana, Slovenia, 2013, pp. 80-85, doi: 10.1109/CPE.2013.6601133.
4. Stepenko, S.; Husev, O.; Vinnikov, D.; Fesenko, A.; Matiushkin, O. Feasibility Study of Interleaving Approach for Quasi-Z-Source Inverter. *Electronics* 2020, 9, 277. <https://doi.org/10.3390/electronics9020277>.
5. Stepenko, S.; Husev, O.; Vinnikov, D.; Roncero-Clemente, C.; Pires Pimentel, S.; Santasheva, E. Experimental Comparison of Two-Level Full-SiC and Three-Level Si-SiC Quasi-Z-Source Inverters for PV Applications. *Energies* 2019, 12, 2509. <https://doi.org/10.3390/en12132509>.
6. Zakharchenko, D., Stepenko, S. (2020). Review and justification of the energy storage devices selection for electric power facilities operation. *Technical Sciences and Technologies*, 4(22), 198–209. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-4\(22\)-198-209](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-4(22)-198-209).
7. Begum, Shahida & Scholar, Research & Vtu, Belagavi & Banu, Reshma & Ahammed, Ali & B D, Dr Parameshachari. (2018). Performance Degradation Issues of PV Solar Power Plant. 10.1019/ECCE.2011.6064096.
8. Solar for Home, Utility, and Commercial | Trina Solar US [URL]. – Access mode: <https://www.trinasolar.com/us>
9. Ionel Laurentiu Alboteanu, Florin Ravigan, Sonia Degeratu. Methods for Increasing Energy Efficiency of Photovoltaic Systems. *International Journal of Power and Renewable Energy Systems* Volume 1, 2014.

УДК 336.77

Левченко Н.М., докт. держ. упр., професор  
Шишканова Г.А., канд. фіз.-мат. наук, доцент  
Національний університет «Запорізька політехніка», [levchenkon65@gmail.com](mailto:levchenkon65@gmail.com)  
Левченко С.А., головний державний інспектор  
Відділ супроводження інформаційних систем Управління інформаційних технологій ГУ  
ДПС у Запорізькій області

## РОЗВИТОК ПІДПРИЄМСТВ ЕНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТІ «ЗЕЛЕНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ»

Труднощі, пов'язані з погіршенням стану довкілля та зміною клімату, в останні роки стрімко виринули на поверхню, викликаючи серйозне занепокоєння у міжнародній спільноті та політиків, що прагнуть до сталого розвитку. Тож, на останньому саміті ООН - COP27 (Conference of the Parties) з питань екологічного регулювання та зміни клімату країни, що ратифікували РКЗК ООН, прийняли рішення щодо досягнення чистого нульового рівня викидів вуглекислого газу, і насамперед, завдяки скороченню електростанцій, що працюють на викопному паливі. Осторонь не лишилась і Україна. Відтак, урядом було затверджено Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок (ТЕС/ТЕЦ) (далі - НСПВ), прийнято Національний план з енергетики та зміни клімату на період до 2030 року [1] та інші документи зі стратегічного розвитку. Втім, реалізація рішень щодо скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря потребує на впровадження масштабних і капіталоемних проєктів з модернізації обладнання ТЕС/ТЕЦ та будівництва установок з очищення димових газів від викидів діоксиду сірки (CO<sub>2</sub>), оксидів азоту (NO<sub>x</sub>) тощо. Механізми ж фінансування заходів з екологічної модернізації ТЕС/ТЕЦ, на жаль, НСПВ не визначено. Ті ж механізми фінансування проєктів з реконструкцій/модернізацій генеруючого обладнання, що діяли до впровадження нового ринку електроенергії, втратили свою актуальність, а нові (європейські) – до тепер не імplementовано в національне законодавство. Відтак, є очевидним, що у повоєнні роки ТЕС/ТЕЦ матимуть дефіцит власних ресурсів, необхідних для фінансування модернізації їх обладнання [2, с.8].

Вирішення перелічених питань за оцінками експертів можливе за умови активізації залучення інвестицій. Однак інституційні інвестори наразі надають перевагу ESG-інвестуванню (англ. *Environmental, Social, and Corporate Governance*), про що свідчить його зростаюча частка в обсягах інвестицій на ринку капіталу. Втім, рішення щодо ESG-інвестування приймаються інвесторами лише за умови чіткого розуміння масштабу декаплінг-ефекту, який доцільно визначати за модифікованою методикою, розробленою авторами. Визначено можливі варіанти ESG-ефективності підприємств енергетики, які умовно відповідають чотирьом зонам матриці прийняття ESG-інвестиційних рішень. Проведено дослідження очікуваного декаплінг-ефекту ESG-інвестицій у розвиток підприємств енергетики з метою зниження вуглецевих викидів.

### Список посилань

1. Про Національний план з енергетики та зміни клімату на період до 2030 року. Розпорядження КМУ від 29.12.21 р. №1803-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#Text>.

2. Звіт «Економічно-обґрунтований підхід до запровадження Національного плану скорочення викидів в Україні на підставі досвіду скорочення викидів у повітря шкідливих забруднюючих речовин великими спалювальними установками в Європі». ІЕПр НАНУ.К. 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: [https://vse.energy/docs/Report\\_NP%20.pdf](https://vse.energy/docs/Report_NP%20.pdf)

УДК 661.152.4

Вакал В.С., канд. техн. наук, наук. співробітник  
Зеленський А.М., наук. співробітник

Вакал С.В., докт. техн. наук, гол. н. співробітник

Науково-дослідний інститут мінеральних добрив і пігментів Сумського державного університету, [vsvakal@gmail.com](mailto:vsvakal@gmail.com)

### ОДЕРЖАННЯ БІОВУГІЛЛЯ З ТОРФУ

В результаті господарської діяльності людини клімат Землі досить швидко змінюється через значні викиди парникових газів, серед яких CO<sub>2</sub> має найбільший вплив [1]. Складовою цих викидів є вуглець із органічних сполук ґрунту, які є однією з характеристик його родючості. Зміна кліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур в Україні останніми роками [2] негативно впливає на процеси накопичення вуглецю у ґрунті. Тому, зважаючи на цілі «Європейського зеленого курсу», виникає потреба розробки організаційних і технічних рішень щодо підвищення вмісту вуглецю в орному шарі.

Одним із варіантів покращення родючості ґрунту пропонується розглянути застосування вуглецевмісної сировини торфу та леонардиту як добавки до складних добрив, а на деяких ґрунтах і самостійного добрива. З метою підвищення їх поживної цінності було проведено дослідження з піролізу вказаних продуктів. У ході досліджень змінювали температуру піролізу та час проведення процесу. Згідно з розробленою методикою, експериментальні зразки сировини подрібнювали та завантажували в металічну реторту і встановлювали у муфель. Результати аналітичних досліджень продукту піролізу з цієї сировини наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники біовугілля з сировини різного складу

Показники	Торф			Леонардит	
	2	10	24	3	6
Температура, °С	400			500	600
Час, год.	2	10	24	3	6
Леткі речовини, %	4,67	15,3	13,57	17,92	10,98
Зола, %	62,2	41,62	44,02	51,52	28,04
Нелеткий вуглець, %	33,13	43,08	42,41	30,56	60,98

Як свідчать дані таблиці 1, зразки біовугілля із торфу мають оптимальну температуру термообробки 400 °С, при якій вихід нелеткого вуглецю найбільший. Як відомо з попередніх досліджень, кількість органічної речовини у леонардиті суттєво більша і, відповідно, значення нелеткого вуглецю також більше. Зважаючи на запропоновану градацію одержуваних продуктів за складом [3], показники біомаси, що отримана в ході досліджень, можна трактувати як біовугілля із вмістом нелетючого вуглецю до 65 %. Біомаса з умістом нелеткого вуглецю до 65 % може застосовуватися як компонент ґрунтового субстрату та як паливо, зважаючи на відносно високу теплотворну здатність.

#### Список посилань

1. Баланс вуглецю в ґрунті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.agropromyug.com/mirovaya-pressa/760-balans-ugleroda-v-pochve.html>.
2. "Від лану до столу": як "Європейський зелений курс" змінив ЄС та Україну [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://delo.ua/economy/vid-lanu-do-stolu-yak-jevropeiskii-zelenii-kurs-zminiv-jes-ta-ukrayinu-391780/>
3. Древне углілля, біовугілля, біочар [Електронний ресурс]. – Режим доступу: (<https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5817>):

УДК 628.316.222.6

Говоров П.П., докт. техн. наук, професор

Говоров В.П., канд. техн. наук

Українська інженерно-педагогічна академія, м.Харків, [philip.govorov@gmail.com](mailto:philip.govorov@gmail.com)

Кіндінова А.К., аспірантка

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова,

[kindinova.anstasiia@gmail.com](mailto:kindinova.anstasiia@gmail.com)

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ОСВІТЛЕННЯ МІСТ

Робота присвячена оптимізації режимів системами електропостачання та освітлення міст.

Головною ідеєю роботи є врахування окрім економічного, екологічного та соціального критеріїв при керуванні режимами роботи системам електропостачання та освітленні міст.

Актуальність теми досліджень полягає в тому, що при оцінці параметрів та режимів систем електропостачання та освітлення міст не враховуються критично важливі критерії соціальної та екологічної ефективності. Нехтування ними суспільством загрожує настанням важких екологічних наслідків.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи систем електропостачання та освітлення міст, на основі врахування критеріїв соціальної та економічної ефективності.

Для досягнення мети в роботі вирішені наступні основні завдання: оцінено режими систем електропостачання та освітлення; визначено критерії оцінки ефективності їх роботи; запропоновано науково-технічне рішення підвищення ефективності роботи освітлювальних систем як складової систем електропостачання та освітлення міст.

В результаті досліджень застосовувались методи імовірного моделювання у поєднанні зі статистичною обробкою результатів експериментальних досліджень.

У теперішній час контроль за якістю освітлення здійснюється за обсягом споживаної електричної енергії. Недоліком таких систем є те, що контроль за їх роботою ведеться по всій сукупності світильників, без урахування їх типу, стану та показників якості енергії. При такому контролі до роботи освітлювання, зниження інтенсивності або якості світлого потоку не враховується, тим самим суттєво зменшується якість освітлення.

Для підвищення ефективності та якості освітлення по таким показникам, як енергоефективність  $W$ , освітленість  $E$ , яскравість  $L$ , спектр випромінювання  $\lambda$ , в даній роботі це досягається тим, що кожен світильник забезпечується індивідуальним лічильником світлової енергії, вхід якого з'єднаний з датчиком освітленості, перетворювачем «освітленість-світловий потік» і перетворювачем «світловий потік-число імпульсів», а вхід з централізованим лічильником енергії.

На рис. 1 показана структурна схема освітлювальної установки, на якій показано джерело живлення (1), централізований лічильник електричної енергії  $W_h$ , світильники (2). На кожному світильнику здійснюється облік світлової енергії застосуванням лічильників світлової енергії (3), які контролюють якість і кількість виробленої світлової енергії, що поступає від датчика освітленості (4) яким здійснюється перетворення світлового потоку  $\Phi$  в цифровий сигнал за допомогою аналогового перетворювача (5) і далі в число імпульсів, за допомогою аналогового цифрового перетворювача (6) які подаються на вхід централізованого лічильника світлової енергії (7). Значення виробленої світильниками світлової енергії передається на диспетчерський пункт(8), де вона порівнюється з рівнем витрат електричної енергії на вироблений 1 люмен світлової енергії, тобто оцінюється ефективність роботи освітлювальної установки. Таким чином, диспетчер може контролювати роботоспроможність та ефективність роботи кожного світильника окремо, та здійснювати контроль за ефективністю роботи освітлення в цілому.



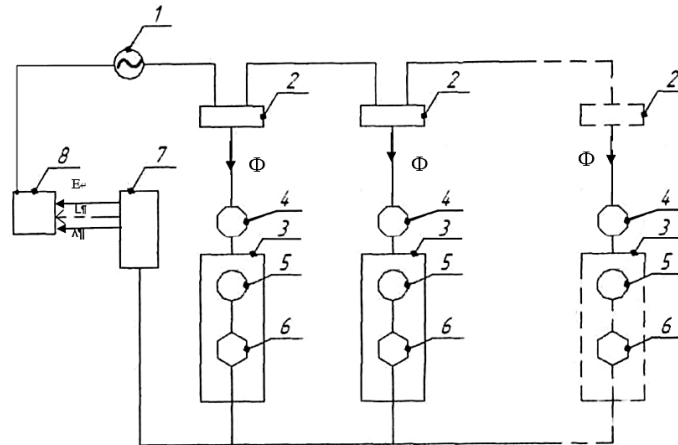


Рис. 1 – Структурна схема освітлювальної установки

В ході виконання досліджень отримано наступні результати:

1. Проведені дослідження дали змогу розробити структуру та критерії оптимізаційної моделі систем електропостачання та освітлення міст з урахуванням критеріїв соціальної та екологічної ефективності.

2. Застосування розроблених моделей дозволяє розробити технічні рішення, що забезпечують комплексне вирішення проблеми ефективності систем електропостачання та освітлення міст з урахуванням їх впливу на умови перебування людини в міському середовищі.

3. Результатами досліджень встановлено, що керування режимами систем електропостачання та освітлення міст по розробленим принципам, з урахуванням критеріїв соціальної та екологічної ефективності, забезпечує збільшення на 10% - 20% комплексної соціально-екологічної ефективності роботи систем електропостачання та освітлення міст за рахунок зменшення негативних соціально – екологічних наслідків їх роботи.

4. Наведені в роботі основні науко-технічні результати в майбутньому можуть бути застосовані при розробці Smart-Light системи, як підсистеми розумне місто.

Практична значимість отриманих результатів полягає у можливості зменшення витрат електричної енергії в мережах, зменшення забруднення навколишнього середовища та покращення рівня життя мешканців в місті.

#### Список посилань

1. P. Hovorov, A. Kindinova, V. Hovorov, O. Abdelrhim, Control of modes of power supply and lighting systems of cities based on the concept of Smart-Grid, 2022 IEEE 8th International conference on energy smart systems, Kyiv, Ukraine, October 12-14, 2022

2. P. Hovorov, V. Hovorov and A. Kindinova, "Modeling of processes in a voltage-boosting transformer as an element of Smart-Grid power systems," 2021 IEEE 62nd International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 2021, pp. 1-4

3. Hovorov, P., Kindinova, A., Hovorov, V. Mode control of urban electrical networks based on the smart grid concept (2021) 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2021 - Conference Proceedings, pp. 88-93.

4. Lezhniuk, P., Komar, V., Teptya, V., Rubanenko, O. Principle of the least action in models and algorithms optimization of the conditions of the electric power system, Przegląd Elektrotechnicznythis link is disabled, 2020, 96(8), pp. 88–94

5. Zharkin, A.F., Novskiy, V.O., Popov, V.A., Yarmoliuk, O.S. Improving The Efficiency Of Distribution Network Control Under The Conditions Of Application Of Distributed Sources Generation Of Electrical Energy And Means Of Its Accumulation, Technical Electrodynamicsthis link is disabled, 2021, 2021(3), pp. 37–43

UDC 621.317.72:629.736.2

**Serhii Stepenko, PhD in Technical Sciences, Associate Professor**  
**Anatoliy Prystupa, PhD in Technical Sciences, Associate Professor**  
**Volodymyr Kazymyr, Doctor of Technical Sciences, Professor**  
**Anatoliy Revko, PhD in Technical Sciences, Associate Professor**  
**Andrii Rogovenko, PhD in Technical Sciences, Associate Professor**  
 Chernihiv Polytechnic National University, [serhii.stepenko@stu.cn.ua](mailto:serhii.stepenko@stu.cn.ua)

## DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENT POWER SUPPLY SYSTEMS FOR MULTICOPTER DRONES

At the present day, the problem of reliable protection of critical infrastructure objects (CIO) from drone attacks, cruise missiles and other threats has not been solved. The development of intelligent technologies, communication systems, modern information and measurement equipment and multi-copter drones (MCD) make it possible to create an organized systems of MCD capable of performing various tasks, including creating mobile systems for adaptive protection of CIO. The use of renewable energy sources and wireless energy transmission systems makes it possible to place an autonomous power supply systems (PSS) for battery recharging in hard-to-reach places in the absence of stationary PSS and without the need for direct human presence. Some topologies of the MCD supply systems as well as their functional analysis were presented in [1]. The proposed solutions can be applied as PSS for MCD used, among others, for surveillance systems or air quality measurements (Fig. 1).

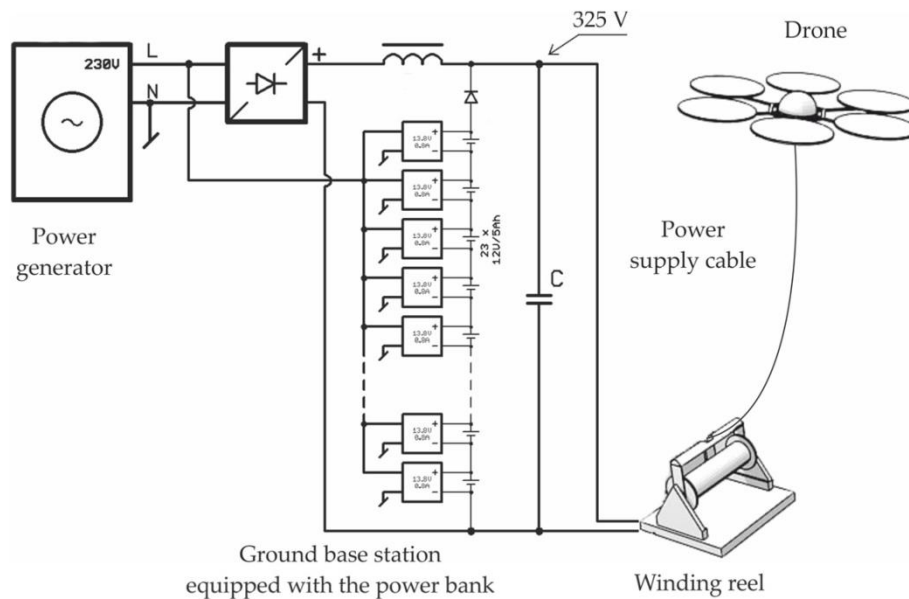


Fig. 1 – Basic blocks of the modular surveillance system supplied from the ground power supply system [1].

A minimized power consumption of the unmanned aerial vehicles (UAVs) can increase the degree of autonomy (range, speed, or operation time) [2]. The optimum sizing of PV-battery PSS for MCD-based cellular networks is considered in [3]. Fig. 2 shows MCD-based system structure in which two types of places, “areas” and “recharging sites”, are considered. A section of the region that should always be covered by a UAV is called an “area”, while a recharging site is a sector where PV-battery systems are established. The black line represents the radio link between the low level (LL) 5G base station on the UAV and the high level (HL) 5G ground-based base station [3].

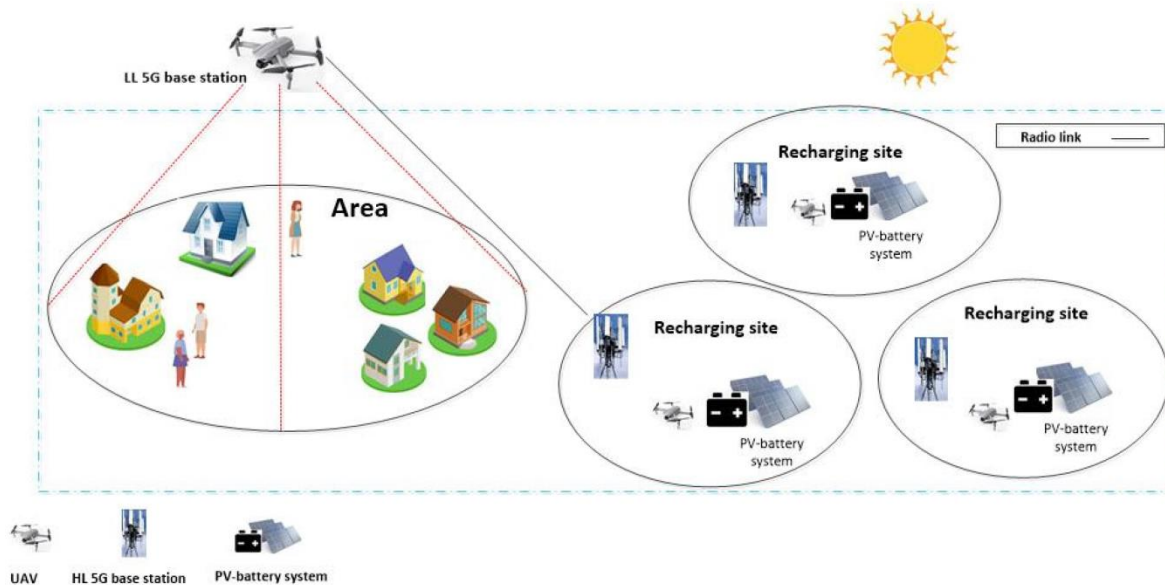


Fig. 2 – The configuration of an off-grid cellular telecommunication network with drone-based base stations powered by PV-battery systems [3]

The current research work comprises the tasks of the analysis and development of energy efficient on-board PSS as well as the highly-efficient ground-based PSS for MCD recharging. Some topologies of the quasi-switched boost converters [4] could be considered as possible ones for the on-board PSS. In such case, the main approaches for the autonomous PSS development should be taken into account [5]. In particular, assuming the requirements for the mass and volume limits for UAVs, the optimization of electricity consumption should be provided in order to minimize batteries and PSS sizes [6].

This work is performed in the frame of the research project “Multi-agent system for the protection of critical infrastructure based on a swarm of multi-copter drones” #0123U101819 supported by the Ministry of Education and Science of Ukraine.

### References

1. Walendziuk, W.; Falkowski, P.; Kulikowski, K. The Analysis of Power Supply Topologies for Tethered Drone Applications. *Proceedings 2020*, *51*, 25. <https://doi.org/10.3390/proceedings2020051025>
2. Voytenko V., Yershov R. Models of Elements of the Electric Drive System of the Quadrocopters and Autonomous Robots. *Technical Sciences and Technologies*. 2019. No. 3 (17). P. 175–187. <http://ir.stu.cn.ua/123456789/18700>
3. Javidsharifi, M.; Pourroshanfekr Arabani, H.; Kerekes, T.; Sera, D.; Spataru, S.V.; Guerrero, J.M. Optimum Sizing of Photovoltaic-Battery Power Supply for Drone-Based Cellular Networks. *Drones 2021*, *5*, 138. <https://doi.org/10.3390/drones5040138>
4. Barath, J.N.; Soundarajan, A.; Stepenko, S.; Husev, O.; Vinnikov, D.; Nguyen, M.-K. Topological Review of Quasi-Switched Boost Inverters. *Electronics 2021*, *10*, 1485. <https://doi.org/10.3390/electronics10121485>
5. A. Prystupa, V. Kazymyr, A. Zabašta, A. Revko, S. Stepenko, K. Novyk, Autonomous Power Supply Development for Hydrometeorological Monitoring Station, 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON), Riga, Latvia, 2022, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830499>
6. A. Prystupa, V. Marhasova, S. Stepenko, T. Kulko, B. Kulik and K. Novyk, "Optimization of Electricity Consumption for Autonomous Monitoring Station “THEOREMS Dnipro”,” 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2022, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916347>

УДК 674.047

Пристає О.Д. канд. техн. наук  
ТОВ «Біоенерготехнології», м. Львів, [a.prystaia@gmail.com](mailto:a.prystaia@gmail.com)

Гончар І.М., канд. техн. наук, доцент  
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, [gonchar0405@ukr.net](mailto:gonchar0405@ukr.net)

## ТЕПЛОГЕНЕРАТОР ТА СИСТЕМА ЦИРКУЛЯЦІЇ ПОВІТРЯ В СУШИЛЬНІЙ КАМЕРІ ДЛЯ СУШКИ КОЛОТИХ БУКОВИХ ДРОВ

Сучасна енергетична стратегія ЄС та України щодо переходу теплової генерації на відновлювальні види палива спонукає до розробки та впровадження вискоелективних методів та технологій використання біопалива, зокрема, колотих дров. Одним із ключових завдань цього напрямку є камерне сушіння дров.

Головними показниками ефективності сушіння дров є якість сушіння, час сушіння, енергетична сировина та витрати енергії для сушіння. В сучасних умовах для сушіння дров широко використовуються сушильні камери для сушіння пиломатеріалів. Але такі камери, наявне в них обладнання і режими сушіння, які вони забезпечують, є неефективними через низку факторів. Зокрема, неможливістю роботи з температурами робочого середовища до 130 °С, щільною укладкою дров у штабелі/ящики та низьким напором (тиском) осьових циркуляційних вентиляторів які застосовуються в таких камерах. Внаслідок цього не забезпечується гарантована швидкість та рівномірність обдування повітрям кожного поліна в штабелі, і, як наслідок, ефективного висушування дров.

В запропонованій схемі сушіння передбачено:

- По центру камери утворюється напірний простір - зона підвищеного тиску гарячого повітря, а по боках камери біля бокових стінок утворюється всмоктувальний простір – зона зниженого тиску охолодженого повітря після його продування через штабелі.
- За рахунок різниці тисків в центральній і бокових зонах, повітря рівномірно рухається від центру камери вправо і вліво до бокових стінок, звідки всмоктується циркуляційними вентиляторами та вдувається в теплообмінник.
- Продування повітря в сушильній камері при цьому здійснюється через три штабелі дров (див. рис. 1), що забезпечує гарантовану швидкість та рівномірність обдування повітрям кожного поліна в штабелі;
- Все повітря з камери продувається через теплообмінник, що забезпечує швидке нагрівання повітря в камері і оберігає теплообмінник від перегріву;
- Конструкція теплообмінника дозволяє продувати через нього повітря з мінімальними втратами тиску;
- Таким чином основна потужність вентиляторів використовується на продування повітря через штабелі дров;
- Укладання піддонів (ящиків) з дровами здійснюється максимально щільно, а пустоти герметизуються накладками або м'якими вставками чи перегородками.

Ми забезпечуємо:

- підігрів повітря та деревини в камері до 130 °С;
- рівномірне та інтенсивне продування повітря через щільно укладені дрова;
- ефективне та повне спалювання в теплогенераторі дров будь якої вологості;
- надійну роботу теплогенератора та системи циркуляції повітря в камері протягом тривалого часу;
- надійність і стійкість від прогорання поверхонь топки та теплообмінника;
- антикорозійну стійкість теплообмінника, вентиляторів, коробів циркуляції повітря та інших елементів системи циркуляції повітря.

- стабільну довготривалу роботу електродвигунів циркуляційних вентиляторів без перегріву.

Ми виконуємо:

- розраховуємо, проектуємо та виготовляємо необхідний для сушильних камер ефективний, надійний і довговічний теплогенератор потрібної потужності для підігріву повітря та дров у сушильній камері до 130 °С;

- для теплогенератора використовуємо топку інжекторного типу футеровану вогнестійким бетоном, яка дозволяє:

- ефективно спалювати дрова будь якої вологості з високим коефіцієнтом корисної дії;
- спалювати разом з дровами до 50 відсотків деревної тріски та кори;
- спалювати разом з дровами до 30 відсотків тирси, стружки;
- спалювати разом з дровами до 25 відсотків побутового сміття;
- спалювати разом з дровами до 20 відсотків гуми, зокрема використаних автомобільних шин.

- забезпечуємо легкоплинну і плавну подачу підігрітого повітря в камеру, його рівномірний розподіл по всьому об'єму камери і гарантований контакт гарячого повітря з кожним поліном в штабелі;

- забезпечуємо рівномірний контакт повітря, яке підігрівається, з усіма поверхнями теплообмінника і відбір тепла від кожної частинки продуктів згоряння;

- розробляємо таку схему руху повітря в камері, яка забезпечує безвратне використання всієї енергії підігрітого повітря для корисного сушильного ефекту і не допускає втрат енергії внаслідок контакту нагрітого повітря із стінками камери, що привело би до непродуктивних витрат енергії.

- забезпечуємо рівномірне продування повітря через штабелі щільно укладених дров.

Для швидкого нагрівання повітря в камері до температури до 130 °С та гарантованого ефективного продування повітря через щільні штабелі дров, на основі розрахунків, вибираємо два відцентрові вентилятори середнього тиску №8 з потужністю електродвигунів 11 кВт, які створюють напірний тиск 1050–1200 Па, що на 350 – 400% більше, ніж у осьових вентиляторів. Таким чином, при застосуванні зазначених вентиляторів середнього тиску сумарна потужність циркуляційних вентиляторів буде становити 22 кВт.

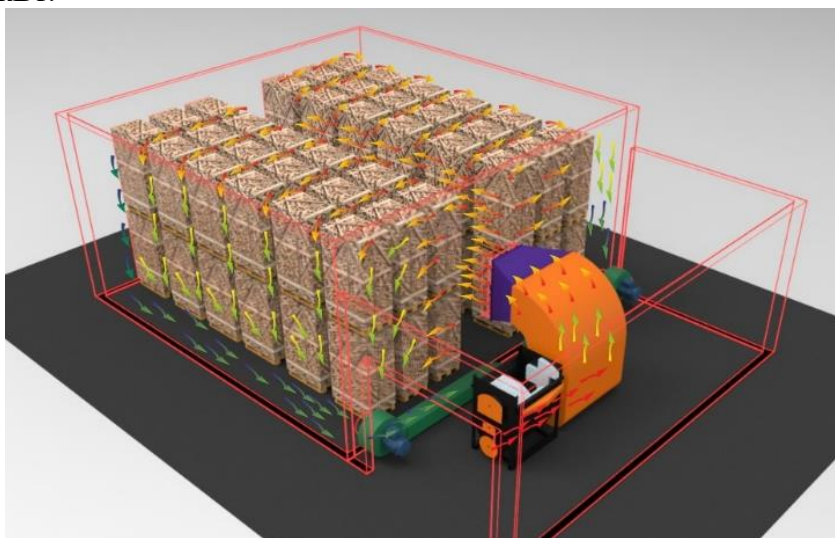


Рис. 1 – Схема руху повітря в сушильній камері та теплогенераторі

При застосуванні зазначених вентиляторів середнього тиску №8 ефективність процесу сушіння буде найвищою, а термін сушіння буде найменшим з можливих



**СЕКЦІЯ 8**  
**ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОМП'ЮТЕРНА**  
**ІНЖЕНЕРІЯ. КІБЕРБЕЗПЕКА. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ**  
**СИСТЕМИ**

*UDC 37:004:316.772.5*

**Yury Polukarov, Ph.D, Associate Professor**  
**Olena Zemlyanska, Senior Lecturer**  
**Nataliia Kachynska, Senior Lecturer**  
**Oleksiy Polukarov, Ph.D, Associate Professor**  
**Nataliia Prakhovnik, Ph.D, Associate Professor**  
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,  
[polukarov@ukr.net](mailto:polukarov@ukr.net)

**MAIN ASPECTS OF CYBER SECURITY AND ITS PLACE IN EDUCATIONAL  
INSTITUTIONS**

Emergency situations caused by COVID-19 and the full-scale invasion of Russia into Ukraine have radically changed people's living conditions. In today's conditions, there is an urgent need to speed up the program announced by the government in 2019 for the wide implementation of computer technologies and various online services for the digitalization of the Ukrainian economy and a significant part of the humanitarian sphere. In practice, this primarily involves the creation of technical capabilities to provide all socially significant services in a digital online format while simultaneously providing real opportunities to attract the broad masses of the population of Ukraine to the use of modern digital technologies with the provision of access to high-speed Internet [1].

The special need and relevance of these transformations is also felt in the field of education. It is obvious that without in-depth digitalization and the speedy implementation of modern educational and information technologies based on it, today it is not possible to ensure not only the possibility of increasing, but also the preservation of the existing level of education quality. Of course, first of all, this concerns the study of disciplines related to ensuring human safety. The need for education seekers to develop the necessary competencies to solve various tasks to ensure the highest possible level of life safety and minimize risks to life and health in any spheres and situations in current conditions cannot be provided without the use of modern educational technologies and tools.

One of the priority tasks of modern times is to ensure the safety of human activities in the conditions of rapid development of information technologies and related risks. The Internet and gadgets, which have become an integral part of our lives, hide a whole set of dangers. This should be clearly understood by absolutely everyone who works in the worldwide information and communication network. It is no news to anyone that the modern Internet does not provide for anonymity. Thus, interested parties can easily trace any user by identifying the IP address of his computer [2]. Also, an Internet user may face the problem of cyberbullying – intentional harassment of a certain person that occurs over a long period of time. Do not forget about the excessive passion for computer games.

In order to prevent the aforementioned threats, the educational process requires the introduction of cyber security classes. It is very important to educate applicants about information hygiene, which will allow them to clearly recognize fake information, fraudulent online schemes and take appropriate measures.

In today's conditions, the study of the basic principles of information technology should be the same integral component of the educational process as teaching the basics of a healthy lifestyle, labour protection, environmental and fire safety. It is worth noting that for more effective



formation of competences in information hygiene, the study of its basics should be started as early as possible, that is, at the stage when the younger generation will start using computers, gadgets and gain access to the Internet. It is necessary to be clearly aware of the fact that cyberspace is a modern component of human safety. The child should already at an early age understand that when using the Internet, you need to follow certain clear rules, just like in real life: avoid communication with suspicious people, do not pollute the environment, check the information provided, try to conduct conversations as politely as possible.

Recently, information security has come to the fore. This process accelerated especially quickly after cyberattacks on government sites, banking sites, energy facilities, large companies, closed networks of the defense sector, and others, leaving no one in doubt about the importance of this area of security. That is why it is so important and expedient to expand the study programs of the subject “Basics of health” in schools, and the subject “Occupational safety and life safety” in vocational education institutions with a section on the basics of cyber security.

Today's conditions require all participants in the educational process to understand the impact of cyberspace on personality formation, to assess and consider the dangers that may be encountered. The use of video games in the process of learning cyber literacy will give students the opportunity to practice the rules of safe behavior in the process of the game in believable situations similar to those that can be encountered in real life and will teach them to make the right choices, which will significantly improve the level of protection against cyber threats. Important and relevant are correspondence with unfamiliar adults, the need and feasibility of using a VPN, secure Wi-Fi connection in public places, saving passwords to important resources directly in web browsers, and much more.

In order to preserve confidential information when working with Internet resources, one of the leading developers of the international software antivirus complex has provided a number of basic cybersecurity recommendations for ordinary users [3]:

- regularly check the degree of security of current accounts on various platforms and e-mail accounts;
- monitor the operation of the installed software;
- periodically reinstall the operating system and its components;
- be responsible when setting passwords;
- to observe the regime of double identification on the sites;
- periodically create copies of arrays of important data (for example to the Google Drive environment or to external hard drives);
- use proven licensed anti-virus programs with regularly updated databases.

The proposed approach will allow users of the Internet to identify fraudsters in a timely manner and protect important conference information.

Summing up, we can conclude that the Internet is a unique information environment that unites world achievements. At the same time, this is also a number of dangers that an inexperienced user may encounter. Recognizing potential risks in a timely manner, identifying online fraudsters, saving personal information, learning to distinguish authentic information from fake information is an important task of a modern teacher. This, in turn, requires teachers to regularly attend advanced training courses, including cyber security.

### References

1. Barlett C. P. et al. Comparing cyberbullying prevalence and process before and during the COVID-19 pandemic //The Journal of Social Psychology. – 2021. – Т. 161. – №. 4. – С. 408-418.
2. Гончарова І. П. Кібербезпека як складова безпеки життєдіяльності закладів освіти. Матеріали Усеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції: (26 жовтня 2022 р.) / Біла Церква: БІНПО ДЗВО «УМО» НАПН УКРАЇНИ. – 2022. – С. 154.
3. Биков В. Ю., Буров О. Ю., Дементієвська Н. П. Кібербезпека в цифровому навчальному середовищі // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2019. – №. 70. – С. 313-331.

UDC 004.3+004.2+004.5

**Taras Terletskyi, Cand. of tech. sciences, Associate professor**  
**Oleh Kaidyk, Cand. of tech. sciences, Associate professor**  
**Larysa Pylypiuk, Cand. of phil. sciences, Associate professor**  
**Yurii Derdiyk, student**

Lutsk National Technical University, [t.terletskiy@lntu.edu.ua](mailto:t.terletskiy@lntu.edu.ua)

**Anatoliy Prystupa, Cand. of tech. sciences, Associate Professor**  
Chernihiv Polytechnic National University, [a.l.prystupa@gmail.com](mailto:a.l.prystupa@gmail.com)

## **ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING TENSOMETRIC SENSORS IN SECURITY INFORMATION SYSTEMS**

Tensometric detection means, as one of the components of security information systems of different type, are intended to form the appropriate signal on the device of reception-control security (DRCS) and ensure reliability of facts of movement from the place of installation of objects of protection or detection of moving objects.

All known means of detecting the tensometric principle of action are based on measuring the force using a tensoresistive, piezoelectric converter or measuring tension or pressure. The values obtained from the primary converters are compared by the device of reception-control security (DRCS) with the threshold value, which, under appropriate conditions, gives an alarm signal.

Tensoresistive sensors respond to change in the length of the sensitive element (tensoresistor), the force or pressure applied to it by changing its resistance.

The complexity of using of tensoresistive sensors lies in the significant dependence of resistance on temperature, which is associated with their temperature coefficient of resistance and temperature coefficient of expansion of the sensor and converter. Changing the temperature by several tens of degrees can lead to a similar change in the resistance of the sensitive element under the influence of the measurement force. The cost of this group of sensors can be significant, as it depends on their measurement accuracy.

The advantage of thermoresistive group sensors is variety. It allows to choose from the available spectrum the one that satisfied the conditions of weight control, starting from coins and ending with heavy equipment.

Piezoelectric sensors (point and linear) form an electric charge under the influence of an external force, the value of which is proportional to this force. They are used in security systems to fix vibrations.

Measurement of the force applied to the sensitive element by the piezoelectric sensor has its own peculiarities (characteristics):

- high level of guidance on the large input resistance (input circuits must be screened);
- growth of leakage in case of increase the humidity in the environment (megaohmic circuits must be protected with varnish from moisture and the elements in these circuits shall be installed on the board via insulated racks);
- the connecting cable between the sensitive element and the first cascade of strengthen changes the capacity and generates its own charge during deformation (it is necessary to use special cables or place the first cascade of strengthen in close proximity to the sensitive element);
- piezoceramic sensitive elements are subject to change their capacity due to external factors and aging (minimization of errors is possible if the input capacity of the amplifier is stable and exceeds the capacity of the sensitive element several times);
- the operational amplifier of the first cascade must have a large input resistance, characteristic of field-effect transistors (two types of amplifiers are used to match the high output resistance of the sensor: voltage and charge amplifiers).

The advantage of using piezoelements in tensometric security systems is increased resistance to external influences due to their monolithic construction, a wide range of controlled force values and simplicity of construction.

In turn, tension measuring sensors have a thermal sensitive converter that controls the tension force of a thin string. This force must be fixed and correspond to the normalized value in accordance with the technical requirements for the product. The change in the tension value will lead to a change in the initial signal at the output and the actuation of the system DRCS as a result of touching it.

The presence of snow and the possibility of icing will interfere with the performance of the functions of sensors for measuring tension in the open air during the winter season.

Pressure sensors record the change in the surrounding situation due to the appearance of a foreign object (a person, vehicles, etc.) as a change in pressure on them, resulting from the perception of additional weight.

The field of application of tensometric detection means is quite large. It covers both security of individual small objects (jewelry, rare numismatic things laid out on shop windows or exhibition pavilions), middle-sized objects – valuable printed publications, paintings, cabinets, safes, and establishment of the fact of opening doors, windows, sieves, etc. Installation of sensitive elements of detectors directly under the object of protection or under the fastening elements of the cable on which it hangs is typical for the first case. The signal of the required value is generated when the object is removed. As for the second case, the tensometric security system sends an alarm when they are opened.

Tensometric detection means can be installed anywhere in the path of a potential intruder - under the floor covering, under the step of the stairwell, under the carpet, window sill, etc. They have no restrictions on indoor and outdoor use.

In general, tensometric protection information systems have the following advantages:

- high reliability and stability of operation;
- high level of masking due to visual imperceptibility of sensors and absence of any radiation in the environment;
- simplicity of installation and maintenance;
- high signal/interference coefficient (more than a hundred in the room), which determines high probability values of detecting facts of displacement from the place of installation of security objects or detection of moving objects and actuation up to false alarm;
- simplicity of the system operation algorithm and its construction leads to low cost, which, accordingly, implies wide application on various security objects.

The main disadvantages of tensometric protection systems include the loss of sensitivity of detectors in critical changes in ambient temperature and the difficulty of automatically checking the full health of the system, which is typical for many passive systems. In view of this, tensometric protection systems require periodic verification by directly affecting the sensitive element with the determining parameter of the determined value.

*UDC 004.925*

**Kostiantyn Taratuta, Ph.D in Technical Sciences, associate professor**  
**Sergii Vostotskyi, Art. teacher**  
**Volodymyr Chyrkov, student**  
Zaporizhzhia National University, taratutazp@gmail.com

## **DATA EXCHANGE BETWEEN ENGINEERING 3D MODELING PROGRAMS**

Machine-building enterprises use software products of several global manufacturers to design three-dimensional models, such as CATIA, SolidWorks, Inventor Professional and others [1-3]. These professional automated design programs have their own data import and export functions.

There are also specialized data exchange translators such as Autodesk Direct Connect, 3D Evolution Conversion Engine, 3D InterOp, Acc-u-Trans, BackToCAD Technologies, CAD porter, converter Theorem Solutions, TransMagic, CADfix, Proficiency and others. However, most often users use the built-in data import and export capabilities.

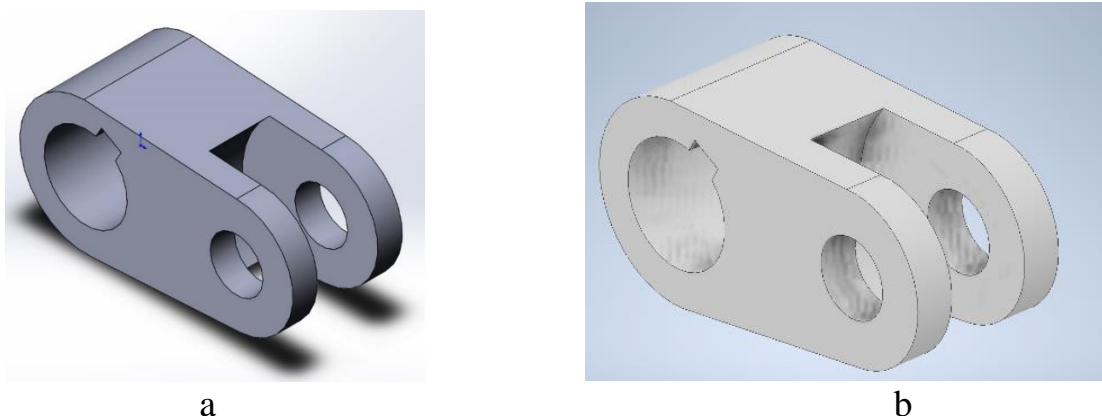
Consider the possibility of exchanging 3D models between two popular 3D engineering design programs, namely SolidWorks and Inventor Professional. Possible formats for saving and opening CAD models in these programs are presented in Table 1.

Table 1 – Formats in which models can be saved for export and import

SolidWorks 2022		Inventor Professional 2022	
Formats for saving CAD models	Formats for opening CAD models	Formats for saving CAD models*	Formats to open
SOLIDWORKS Part (*.prt;*.sldprt) 3D Manufacturing Format (*.3mf) 3D XML For Player (*.3dxml) ACIS (*.sat) Additive Manufacturing File (*.amf) Adobe Illustrator Files (*.ai) Adobe Photoshop Files (*.psd) Adobe Portable Document Format (*.pdf) CATIA Graphics (*.cgr) Dwg (*.dwg) Dxf (*.dxf) eDrawings (*.eprt) Form Tool (*.sldftp) HCG (*.hcg) HOOPS H5F (*.h5f) IFC 2x3 (*.ifc) IFC 4 (*.ifc) IGES (*.igs) JPEG (*.jpg) Lib Feat Part (*.sldfip) Microsoft XAML (*.xaml) Parasolid (*.x_t;*.x_b) Part Templates (*.prtdot) Polygon File Format (*.ply) Portable Network Graphics (*.png) Pro/Creo Part (*.prt) SOLIDWORKS Analysis Library (*.sldalprt) STEP AP203 (*.step;*.stp) STEP AP214 (*.step;*.stp) STL (*.stl) Tif (*.tif) VDAFS (*.vda) VRML (*.wrl) SOLIDWORKS Part (*.prt;*.sldprt)	SOLIDWORKS Files (*.sldprt;*.sldasm;*.slddrw) SOLIDWORKS Analysis Library (*.sldalprt;*.sldalasm) SOLIDWORKS Assembly (*.asm;*.sldasm) SOLIDWORKS Drawing (*.drw;*.slddrw) SOLIDWORKS Part (*.prt;*.sldprt) SOLIDWORKS SLDXML (*.sldxml) 3D Manufacturing Format (*.3mf) ACIS (*.sat;*.sab;*.asat;*.asab) Add-Ins (*.dll) Adobe Illustrator Files (*.ai) Adobe Photoshop Files (*.psd) Autodesk AutoCAD Files (*.dwg;*.dxf) Autodesk Inventor Files (*.ipt;*.iam) Autodesk Inventor Files (*.prt;*.prt;*.xpr;*.asm;*.asm;*.xas) CADKEY (*.prt;*.ckd) CATIA Graphics (*.cgr) CATIA V5 (*.catpart;*.catproduct) IDF (*.emn;*.brd;*.bdf;*.idb) IFC 2x3 (*.ifc) IGES (*.igs;*.iges) JT (*.jt) Lib Feat Part (*.lfp;*.sldfip) Mesh Files (*.stl;*.obj;*.off;*.ply;*.ply2) Parasolid (*.x_t;*.x_b;*.xmt_bin;*.xmt_bin) PTC Creo Files (*.prt;*.prt;*.xpr;*.asm;*.asm;*.xas) Rhino (*.3dm) Solid Edge Files (*.par;*.psm;*.asm) STEP AP203/214/242 (*.step;*.stp) Template (*.prtdot;*.asm;*.asm;*.drwdot) Unigraphics/NX (*.prt) VDAFS (*.vda) VRML (*.wrl) All Files (*.*)	Двоичные файлы Parasolid (*.x_b) Двоичные файлы Parasolid (*.x_b) Нейтральные файлы Pro/ENGINEER (*.neu) Текстовые файлы Parasolid (*.x_t) Файлы AutoCAD DWG (*.dwg) Файлы IGES (*.igs;*.iges) Файлы JT (*.jt) Файлы OBJ (*.obj) Файлы Pro/ENGINEER Granite (*.g) Файлы QIF (*.qif) Файлы SAT (*.sat) Файлы SMT (*.smt) Файлы STEP (*.stp;*.ste;*.step;*.stpz) Файлы STL (*.stl) Файлы деталей CATIA V5 (*.CATPart)	Файлы Autodesk Inventor (*.ipt;*.ide;*.iam;*.ipn;*.dwg;*.idw) Детали Autodesk Inventor (*.ipt) Параметр. элементы Inventor (*.ide) Сборки Autodesk Inventor (*.iam) Схемы Autodesk Inventor (*.ipn) Чертежи Autodesk Inventor (*.dwg;*.idw) Двоичные файлы Parasolid (*.x_b) Нейтральные файлы Pro/ENGINEER (*.neu) Текстовые файлы Parasolid (*.x_t) Файлы Alias (*.swe) Файлы AutoCAD DWG (*.dwg) Файлы CATIA V4 (*.model;*.session;*.exp;*.dlv3) Файлы CATIA V5 (*.CATPart;*.CATProduct;*.ogr) Файлы DXF (*.dxf) Файлы Fusion (*.fusiondesign) Файлы IGES (*.igs;*.iges) Файлы JT (*.jt) Файлы NX (*.prt) Файлы OBJ (*.obj) Файлы Pro/ENGINEER Granite (*.g) Файлы Pro/ENGINEER и Creo Parametric (*.prt;*.asm) Файлы Rhino (*.3dm) Файлы SAT (*.sat) Файлы SMT (*.smt) Файлы STEP (*.stp;*.ste;*.step;*.stpz) Файлы STL (*.stl;*.stla;*.stlb) Файлы Solid Edge (*.par;*.psm;*.asm) Файлы SolidWorks (*.prt;*.sldprt;*.asm;*.sldasm) Файлы панели IDF (*.brd;*.emn;*.bdf;*.idb) Файлы печати DWF (*.dwt;*.dwf) Файлы проекта Revit (*.rvt) Все файлы (*.*)

\*\_ only CAD formats are indicated

As an example, we will use the lever model (Fig. 1) built in these programs. It should be noted that the main differences in the construction of the lever model, in the studied programs, is that in Inventor Professional there is no concept of "cut", but there is a concept of "extraction with a cut". How do the current differences affect the transfer of the lever model from one program to another and vice versa when saving it in specialized formats? This feature of the model construction will also be taken into account when evaluating the results of the exchange between graphic environments.



a – the model was created in the SolidWorks 2022 program;  
 b - the model was created in Inventor Professional 2022

Fig. 1 – Comparative model of the lever

The comparison criteria were the presence of a model tree, the number of model tree elements, preservation of dependencies. In the table 2, the evaluation was carried out according to scoring criteria. With a score of "4", we note the fact of the transfer of parameters with a complete match of the model tree and dependencies. A score of "2" indicates the possibility of data exchange without complete matching of characteristics. A score of "0" indicates that the model is not suitable for export. A score of "3" and "1" shows an approach to the corresponding evaluation criterion.

Table 2 – Comparison of export of models in the most common formats

Program	Exchange formats / evaluation criteria					
	SolidWorks (*.sldprt)	Inventor (*.ipt)	IGES (*.igs)	STEP (*.stp)	Parasolid (*.x_b)	Parasolid (*.x_t)
SolidWorks	-	4	2	2	3**	3**
Inventor	0***	-	2	2	2	2

\*\* - a high score was obtained by the SolidWorks program due to the presence of automatic diagnostics of importing the part;

\*\*\* - to update the file, you need to keep updating Inventor

The conducted studies showed the imperfection of the built-in exchange translators. The biggest problems arise when installing software products from different years of development and not updated to the latest version.

### References

1. Inventor [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.autodesk.com/>
2. SOLIDWORKS [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.solidworks.com/>
3. CATIA V5 [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.3ds.com/ru/produkty-i-uslugi/catia/>
4. Introducing solidworks. Dassault Systèmes SolidWorks Corporation [Electronic resource]. – Access mode: <https://files.solidworks.com/pdf/introsr.pdf>

UDC 004.056

**Andrii Yarmilko, PhD, Associate Professor**  
**Inna Rozlomie, PhD, Senior Lecturer**  
**Serhii Naumenko, post graduate student**

Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, inna-roz@ukr.net

### **ROBUST COMMUNICATION CLUSTERS: SECURE INFORMATION EXCHANGE AND REDUNDANT HASHING FOR THIRD-PARTY INCLUSIONS LOCALIZATION**

Due to the proliferation of robotics and process automation technologies in the interaction between humans and robotic systems, there is an increasing need to ensure the security and protection of information transmitted between the components of these systems. Communication clusters formed spontaneously, involving robotic modules and humans engaged in cooperative tasks, are particularly vulnerable to information compromise. Therefore, it is crucial to securely protect the information from security attacks or communication failures.

Protecting information in communication clusters of this type requires the use of various measures to ensure data confidentiality, integrity, and availability, including:

1. Encryption: The use of cryptographic algorithms to encrypt transmitted data can ensure the confidentiality of information. Robotic system clusters can employ symmetric or asymmetric encryption for protecting communication channels [1].

2. Authentication and Authorization: The use of authentication mechanisms allows verifying the identity of users and robots accessing the system, based on the use of passwords, certificates, or biometric methods. After authentication, the system can employ authorization mechanisms to control access to various resources and functions, limiting privileges of users and robots within

communication clusters.

3. Intrusion Protection: Deploying intrusion detection and prevention systems (IDS/IPS) helps detect and block potential attacks on communication clusters. This may include monitoring network traffic, vulnerability analysis, and other methods for recognizing anomalous activity [2].

4. Hashing: Redundant hashing is a technique used to ensure data integrity and detect unauthorized modifications within communication clusters. It relies on the use of hash functions that transform input data into fixed-length hash codes. Redundant hashing involves using multiple independent hash functions for processing data, generating several hash codes for a single dataset.

In the context of communication clusters, hashing can be applied to ensure reliability and integrity in information exchange. The principle of hashing involves each cluster node generating its own hash code for the received data using its own hash function.

After generating the hash code, the node transmits the data and its hash code to other nodes in the cluster. Each node receives data from other nodes and verifies integrity by comparing the received hash code with its own generated hash code. If the hash codes match, it indicates data integrity.

If at least one hash code doesn't match, it may indicate potential data modification or the presence of a third-party inclusion. In such cases, the cluster can take appropriate actions, such as ceasing data exchange with the suspicious node or notifying the system administrator.

Implementing the mentioned practices helps detect and isolate potential threats, as well as enabling a swift response to prevent further compromise of the system. Localization of third-party inclusions in communication clusters remains an unresolved issue. It is proposed to localize third-party inclusions in a communication cluster using redundant hashing techniques. This is intended to ensure secure information exchange among cluster participants.

The use of redundant codes, including Hamming codes, can be applied to detect and localize foreign inclusions in the communication cluster of robotic systems. Instead of traditional checksums, additional hash sums are utilized for this purpose. They incorporate extra information that allows for the detection and localization of foreign inclusions in the communication cluster of robotic systems. Existing hashing methods such as MD5, SHA-1, SHA-256, and CRC32 can be used to compute the checksums. Matrix cryptographic transformation-based hashing methods can also be employed for calculating the checksums. These methods are based on mathematical operations of linear algebra and utilize matrices for data processing. One example of such a method is SHA-3 (Secure Hash Algorithm 3), which is one of the latest standards for hash functions. SHA-3 employs matrix operations, including symmetric transformations like Keccak. This method relies on complex logical operations and irreversible matrix transformations, ensuring high security and resistance to cryptanalysis. Matrix cryptographic transformation-based hashing methods can provide efficient and secure data processing with high resistance to alterations. They are widely used in cryptographic protocols and systems where data security and integrity are critical aspects.

Redundant hashing involves creating additional hash sums for each object in the communication cluster. These hash sums are constructed using Hamming encoding principles and matrix cryptographic transformation operations. The use of redundancy allows for error detection and correction in transmitted information that may occur during transmission. There are codes designed solely for error detection and error-correcting codes capable of both error detection and correction. The simplest error detection methods are checksumming and parity checking. However, they are not sufficiently reliable, especially in the case of a large number of errors.

The proposed method for data integrity control utilizes a system of hash codes constructed according to the rules similar to those of linear redundant codes. This system is known as a linear hash code system. It consists of a set of hash codes obtained using a standard hash function implementation procedure on message blocks defined by a special block selection procedure. This procedure is based on the mathematical apparatus of linear algebra [3].

Localization of third-party inclusions in a human-machine communication cluster can be



crucial for ensuring system security and efficiency. Third-party inclusions can be various software modules, applications, or libraries that are compatible with the system but were not specifically developed for it. Incorporating such components can provide rapid and efficient system expansion, but they can also pose certain threats to system security and reliability. One possible risk of third-party inclusions is security vulnerabilities that can be exploited by attackers to target the system. Third-party inclusions may contain malicious code, such as viruses or spyware, that can modify the cluster's operation, harm the system, and its users.

In general, the localization and control of third-party inclusions are important steps in ensuring security in a communication cluster, as unauthorized use of such inclusions can lead to data confidentiality breaches, increased risk of cyber attacks, and other serious threats. Redundant hashing is an effective method to secure information exchange in robotic system clusters. By detecting potential third-party inclusions and data modifications, it ensures integrity and reliability of information exchange as the foundation for the system's sustainable functioning.

### References

1. Pereira, T., Barreto, L., & Amaral, A. (2017). Network and information security challenges within Industry 4.0 paradigm. *Procedia manufacturing*, 13, 1253-1260.
2. Breiling, B., Dieber, B., & Schartner, P. (2017, April). Secure communication for the robot operating system. In *2017 annual IEEE international systems conference (SysCon)* (pp. 1-6). IEEE.
3. Yarmilko, A., Rozlomii, I., & Kosenyuk, H. (2022, February). Hash Method for Information Stream's Safety in Dynamic Cooperative Production System. In *Mathematical Modeling and Simulation of Systems: Selected Papers of 16th International Scientific-practical Conference, MODS, 2021 June 28–July 01, Chernihiv, Ukraine* (pp. 173-183). Cham: Springer International Publishing.

UDC. 004

**Svitlana Tsiutsiura, DSc (Eng.), Professor**  
**Andrii Yerukaiev, PhD (Eng.), Associate Professor**  
 Kyiv National University of Construction and Architecture, svtsutsura@gmail.com

## PROTECTION OF INFORMATION IN ASSESSING THE FACTORS OF INFLUENCE

In today's intense problem of quality education, the recipient of educational services is faced with the problem of choosing among the available higher education institutions, which, when investing the most valuable human resources in the educational process, will bring the greatest results from full, completed and quality education. But each of the considered HEI falls under the various factors of influence: social, administrative, economic, political, environmental, etc. These factors at least 10% measurable by standard methods, and all others are qualitative.

As mentioned above, the model considered by the authors in this article is the result of the most popular methods of strategic analysis and artificial intelligence combination. The general view of this model is presented on Fig. 1.

Videlicet soft computing as a section of artificial intelligence because of its simplicity and approach to the human thinking reflection was chosen to build a fuzzy model for HEI assessment.

The membership functions of fuzzy sets, which describe the SWOT categories, do not have a standard form, as they were used to build the opinions of experts in the HEI assessment to give the task more practicality. Relevant calculations were performed by such authors using the formula:

$$\mu_{l_j}(u_i) = \frac{1}{K} \sum_{k=1, K} b_{j,i}^k, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

where  $K$  – number of experts;

$b_{j,i}^k$  – thought of the  $k$ -expert about the presence in the element  $u_i$  of the properties of a fuzzy

set  $\tilde{l}_j$ ,  $k = \overline{1, K}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ;

$\tilde{l}_j = \left( \frac{\mu_{l_j}(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_{l_j}(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_{l_j}(u_n)}{u_n} \right)$  – fuzzy set that describes a linguistic term  $l_j$ ,  $j = \overline{1, m}$  on the universal set  $U$ .

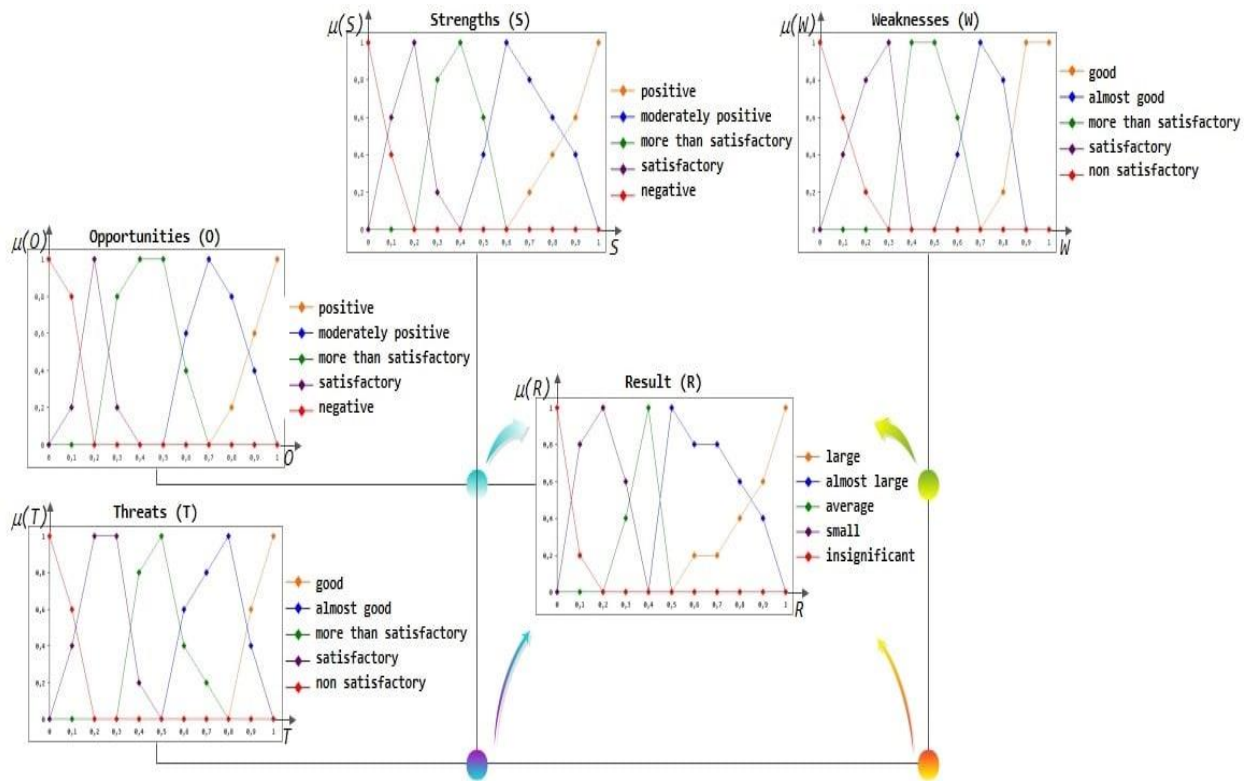


Fig. 1 – Protection of information in fuzzy model

Since there are many groups of influencing factors and in the process of research new ones will inevitably appear and old ones will be removed, it is necessary to group them in such a way that it is possible to work with them conveniently. For this purpose, a SWOT-analysis was chosen, due to which, regardless of the number of studied groups of factors, the work will be carried out with only four categories: strength (S), weakness (W), opportunity (O) and threat (T).

Each of the four SWOT categories is described as fuzzy sets according to the template. There are the following terms, in an amount equal to five [12, 17], which have the following common names:

- minimal (for S: negative, for W: non satisfactory, for O: negative, for T: non satisfactory and for R: insignificant);
- average minimum (for S: satisfactory, for W: satisfactory, for O: satisfactory, for T: satisfactory and for R: small);
- average (for S: more than satisfactory, for W: more than satisfactory, for O: more than satisfactory, for T: more than satisfactory and for R: average);
- average maximum (for S: moderately positive, for W: almost good, for O: moderately positive, for T: almost good and for R: almost large);
- maximum (for S: positive, for W: good, for O: positive, for T: good and for R: large)

Models in protection of information that include artificial intelligence technologies in combination with classical decision-making methods can be used not only in the HEI selection, but mainly in the areas of business management and planning in general. This greatly helps managers to increase investment flows and increase the likelihood of making an informed decision in the face of business uncertainty and variability.

The use of fuzzy SWOT-analysis to protect information allows you to choose among the many objects essential one, when the large influence of factors is no longer a problem in management decisions. Methods that reflect human thinking in solving these problems, their ease of understanding and implementation, which at the same time is based on the strict laws of mathematical logic, are widely used in business and management.

### References

1. Tsiutsiura M.I. The structure of information flows in the information system of production HEI [Text] / M.I. Tsiutsiura, O.V. Kryvoruchko, T.M. Medinskaya // Management of complex systems development. - 2019. - Issue 37 - № 37. - P. 205 - 209.
2. Tsiutsiura, S.V. Formation of a generalized information model of a construction object / Tsiutsiura, S.V., Kyivska, K.I., Tsiutsiura, M.I., Kryvoruchko, O.V., Dmytrychenko, A.M. // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2019. – Volume 10, Issue 2. – Pages 69-79
3. Kyivska, K.I. A study of the concept of parametric modeling of construction objects / Kyivska, K.I., Tsiutsiura, S.V., Tsiutsiura, M.I., Kryvoruchko, O.V., Yerukaiev, A.V., Hots, V.V. // International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology. – 2019. – Volume 10, Issue 2, 2019. – Pages 636-646/
4. Tsiutsiura M.I. A fuzzy model for assessing the impact of factors on free urban plots / Tsiutsiura M.I., Yerukaiev, A.V // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences – 2018. – Volume VI(17), Issue 157. – Pages 636-646.

УДК 621.941-229.3:531.133

Морозова І.В., канд. техн. наук, доцент

Корчан В.М., аспірант

Національний авіаційний університет, м. Київ, [korchan.vlad22@gmail.com](mailto:korchan.vlad22@gmail.com)

### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ РЕЗОЛЮЦІЇ

Система резолюції складається з двох типів реєстрів GHR і LHR. Нехай група реєстрів GHR визначається символом  $G_j$ , де  $j = 1, 2, 3 \dots N$ , де  $N$  – загальне число реєстрів GHR в системі. Кожен реєстр GHR об'єднує і контролює визначений набір локальних реєстрів. Набір локальних реєстрів, під'єднаних до  $j$ -го GHR, позначається символом  $L_{ji}$ , де  $i = 1, 2, 3 \dots M_j$ , де  $M_j$  – загальна кількість LHR, приєднаних до  $j$ -го GHR. Передані пакети потрапляють на сервер з визначеною частотою, відповідною Пуассонівському процесу, формуючи одиночну чергу на контролері. Така система може бути змодельована на основі багатоканальної моделі масового обслуговування (M/M/s).

Тоді середній час відповіді  $T_j$  реєстру GHR  $G_j$  рівний сумі часу в черзі і часу обробки, і може бути прораховано за допомогою формули Ерланга, як функція частоти надходження  $\lambda_i$  запитів і частоти обслуговування  $\mu$ :

$$T_j(\lambda) = \frac{f(s, \frac{\lambda_j}{\mu})}{s\mu_j - \lambda_j} + \frac{1}{\mu}. \quad (1)$$

Функція  $f(s, \lambda/\mu)$  визначає вірогідність того, що всі сервери в системі використовуються, і любий з отриманих запитів потрапляє у чергу:

$$f\left(s, \frac{\lambda}{\mu}\right) = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{1-\gamma}\right) \left(\frac{s!}{(s\gamma)^s}\right) \sum_{k=0}^{s-1} \frac{(s\gamma)^k}{k!}} \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{\lambda_j}{s\mu}. \quad (3)$$

Функція  $\gamma$  показує використання системи, що відображує також її стабільність.

Система стабільно розподілена тільки якщо показник використання системи  $\gamma$  менше одиниці. Дана інформація може бути коректно інтерпретована за допомогою діаграми

станів багатоканальної моделі M/M/s. У випадку, коли число заявок в черзі більше, ніж на сервері контролера, обробка буде відбуватися з тією ж частотою  $\mu$ , при цьому контролер буде гранично заповнений (рис.1).

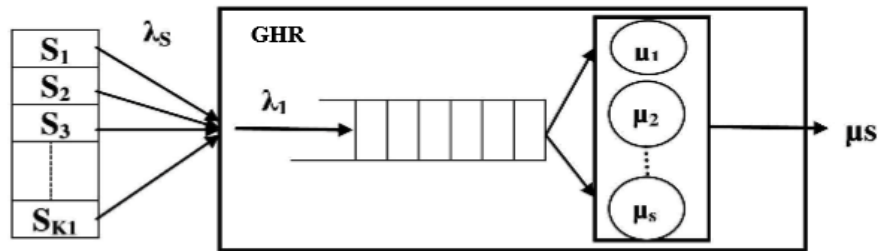


Рис. 1 – Представлення процесу дозволу ідентифікаторів на сервері GHR у вигляді об'єктів ЗМО

Частота отримання заявок  $\lambda_j$  реєстру GHR  $G_j$  розраховується як сума середніх частот отримання заявок на локальних реєстрах  $(L_i^j)$ , приєднаних до реєстру  $G_j$  :

$$\lambda_j = \sum_{L_i} \lambda_i. \quad (4)$$

Середнє навантаження на сервер-посередник  $G_j$  розраховується як середнє число отриманих і оброблених запитів. За допомогою формули Ерланга розраховується середнє навантаження  $L_j$  на реєстрах GHR:

$$L_j(\lambda) = s\gamma + \frac{\gamma}{1-\gamma} f\left(s, \frac{\lambda_j}{\mu}\right). \quad (5)$$

Таким чином, на основі отриманої формули Ерланга можна провести чисельний розрахунок середнього навантаження  $L_j$  на реєстрах GHR.

#### Список посилань

1. Recommendation ITU-T Y.2060 SERIES Y: Provides an overview of the Internet of things (IoT) (06/2012).
2. Internet of Things World Forum, IWF (<https://www.iotwf.com/>)
3. Інтернет ресурс: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/solutions/iot/iot-technology-protocols/>.
3. Інтернет ресурс: <https://habr.com/ru/post/299910/>.

УДК 004.056

Розломій І.О., канд. техн. наук, ст. викладач  
Восводін Є.В., аспірант

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, [inna-roz@ukr.net](mailto:inna-roz@ukr.net)

### ПРОБЛЕМА РЕТРОСПЕКТИВНОГО ДЕКОДУВАННЯ ДАНИХ: ОГЛЯД МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ НА БАЗІ КВАНТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сучасні системи захисту інформації побудовані з використанням алгоритмів симетричного та асиметричного шифрування, таких як RSA чи то AES. Скажімо, TLS протокол, який використовується для безпечного обміну даних в мережі інтернет і не тільки, використовує асиметричне кодування для обміну секретним ключем, що дає змогу використати секретний ключ для подальшого симетричного кодування безпосередніх даних. Тобто має місце комбінація асиметричного та симетричного шифрування, що дозволяє досягти ефективного та безпечного обміну даними.

Перспектива розвитку науки та інформаційних технологій ставить під ризик надійність сучасних методів шифрування, так, маючи достатньо потужний квантовий комп'ютер, можна вирішити задачу факторизації та декодувати заковдані дані, використовуючи алгоритм Шора [1]. Це ставить під загрозу не тільки шифрування даних в майбутньому, але

й зашифровані дані, якими обмінюються в сучасних системах. Скажімо, зловмисник зберігає закодовану інформацію уже зараз, прослуховуючи зашифрований канал комунікації, без змоги цю інформацію декодувати на даний момент. Але в майбутньому, якщо така змога з'явиться, зловмисник зможе декодувати уже збережені дані. В загальному випадку, такий підхід називається – «ретроспективне декодування», або ж «зберігай зараз, декодуй потім» [2]. Можливість ретроспективного декодування робить дослідження методів та засобів захисту інформації як ніколи актуальною темою.

Як виявляється квантові технології також з користю використати для захисту інформації. До відомих методів захисту інформації на базі квантових технологій можна віднести [3]:

1. Квантовий ключовий обмін. Цей метод використовує фізичні закони квантової механіки для створення криптографічного ключа, який може бути безпечно поділений між двома сторонами. Основний протокол для квантового ключового обміну, відомий як квантовий обмін ключами Беннета-Брассара, або BB84, використовує передачу квантових бітів через незахищений канал зв'язку, під час якої будь-яке перехоплення буде помічено.

2. Квантовий прямий безпечний зв'язок. Метод, який використовує квантові властивості для безпечного обміну інформацією між сторонами. Він забезпечує конфіденційність, цілісність та автентичність даних, дозволяючи передачу квантових станів через квантовий канал. Квантові стани використовуються для безпечної комунікації між відправником і одержувачем, уникаючи необхідність безпосереднього кодування даних.

3. Квантову аутентифікацію. Метод, який використовує квантові системи для перевірки автентичності користувачів і пристроїв. Один з протоколів – Quantum Fingerprinting Protocol (QFP). QFP використовує квантові стани для ідентифікації і аутентифікації користувачів на основі їх унікальних квантових відбитків. Quantum One-Time Passwords (QOTP) [4] – є іншим протоколом квантової аутентифікації. Даний протокол використовує квантові стани для генерації одноразових паролів, які змінюються з кожним вимірюванням. Користувачі отримують випадкові квантові стани, які вони вимірюють та надсилають до сервера в якості одноразового пароля. Сервер перевіряє отриманий пароль, виконуючи аналогічне вимірювання. QOTP забезпечує високий рівень надійності та захисту від підробки паролів, оскільки кожен пароль є унікальним та не може бути використаний повторно.

4. Квантовий цифровий підпис. Метод, який використовує властивості квантових систем для створення підписів, що гарантують автентичність та незмінність даних. Основна перевага квантового цифрового підпису полягає в тому, що будь-яка спроба модифікації підписаного повідомлення буде помічена. Це робить квантовий підпис ефективним засобом для забезпечення автентичності повідомлень.

5. Квантове розділення секрету. Метод, який використовує квантові властивості для розподілу секретної інформації між декількома учасниками таким чином, що жоден із них самостійно не може отримати повну інформацію про секрет, але спільні зусилля учасників дозволяють відновити секрет в оригінальній формі. Метод включає кроки генерації початкового секрету, його кодування з використанням квантових станів, розділення кодованих станів між учасниками, збирання секрету на основі частин учасників та перевірку його цілісності.

Узагальнюючи, проблема ретроспективного декодування даних підвищує актуальність дослідження альтернативних методів шифрування. Галузь квантової криптографії описує широкий спектр методів, які можна використати для вирішення проблеми ретроспективного декодування, застосовуючи криптографічні протоколи на базі квантових технологій.

#### Список посилань

1. Mandl, A. (2021). Quantum Algorithms for the Discrete Logarithm Problem. Masters thesis, TU Wien.

2. Townsend K. Solving the Quantum Decryption ‘Harvest Now, Decrypt Later’ Problem. URL: <https://www.securityweek.com/solving-quantum-decryption-harvest-now-decrypt-later-problem/> (дата звернення: 19.05.2023).

3. Korchenko O., Vasiliu Y., Gnatyuk S. Modern quantum technologies of information security against cyber-terrorist attacks. Aviation. 2010. Т. 14, № 2. С. 58–69.

4. Sharma, M. K., & Nene, M. J. (2020). Quantum one time password with biometrics. In Innovative Data Communication Technologies and Application: ICIDCA 2019 (pp. 312-318). Springer International Publishing.

УДК 612:656.7.086.1 (044)

Буриченко М.Ю., канд. техн. наук, доцент

Іванець О.Б., канд. техн. наук, доцент

Архирей М.В.

Корчемний М.С., студент

Шевченко Т.Р., студентка

Національний авіаційний університет, м. Київ, olchik2104@ukr.net

## ОПТИМІЗАЦІЯ ФУНКЦІЙ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ВСТАНОВЛЕННЯ ІНТЕРВАЛІВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Складнощі аналізу складних об’єктів полягає в наявності джерел невизначеності первинної інформації про параметри даних об’єктів [1,2]. Для побудови алгоритмів одновимірної оптимізації цільової функції використовують методи встановлення інтервалу невизначеності [3].

В роботі проаналізоване використання наступних методів оптимізації для зменшення інтервалів невизначеності при аналізі складних об’єктів різної природи: метод золотого перерізу, метод параболічної інтерполяції, метод Брента [4].

Метод золотого перерізу, що полягає у використанні золотого перерізу відрізка за рахунок ділення відрізка на дві частини, при якому відношення довжини всього відрізка до довжини більшої частини дорівнює відношенню довжини більшої частини до довжини меншої частини (рис. 1а) [3].

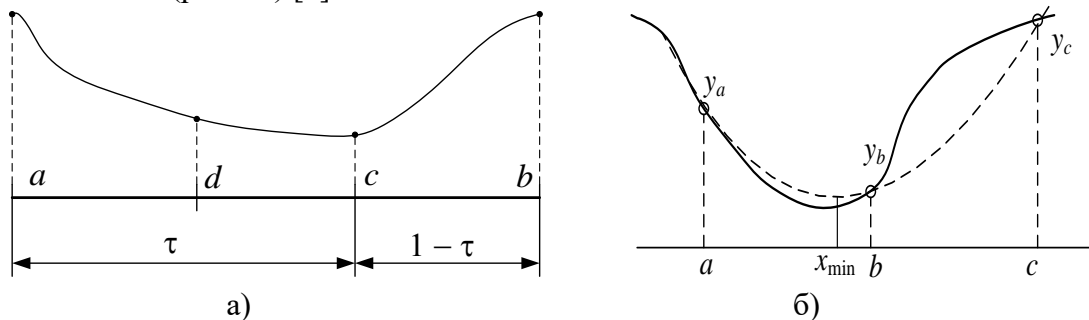


Рис. 1 – Графічне представлення методів оптимізації: а) метод золотого перерізу, б) метод параболічної інтерполяції

Після кожній ітерації алгоритму довжина поточного інтервалу невизначеності  $L = b - a$  скорочується в  $\tau$  разів. Кількість ітерацій  $K$ , необхідних для знаходження мінімуму функції  $f(x)$  з точністю  $\epsilon$ , можна оцінити з умови  $(b - a)\tau^K \leq \epsilon$ .

Метод параболічної інтерполяції застосовує поліном низького порядку  $P(x)$  для апроксимації цільової функції на інтервалі пошуку, а потім використовують точку мінімуму полінома апроксимації  $P(x)$  як точку ділення нового інтервалу, причому якщо функція поблизу мінімуму близька до параболічної, то парабола проведена через три точки цієї функції може одним кроком привести до мінімуму, або дуже близько до нього.



В якості точки мінімуму функції  $f(x)$  приймають аналітично обчислену точку мінімуму зазначеної параболі. Метод має суперлінійну швидкість збіжності, проте лише в малій околиці точки мінімуму  $x_{min}$ . Метод не використовує оцінки похідних цільової функції, тому ефективний для функцій, що складно диференціювати. На початкових кроках процесу оптимізації метод може стати чисельно нестійким [5].

Метод Брента поєднує повільний але надійний метод золотого перерізу з більш швидким методом зворотної параболічної інтерполяції, якій в свою чергу може виявитися не досить надійним. Метод Брента використовує два зазначених методи залежно від поведінки цільової функції на інтервалі пошуку, причому спочатку застосовується параболічна інтерполяція; якщо не отримані прийнятні результати, то застосовується пошук золотого перерізу, щоб вирішити завдання [6].

Для збіжності методу параболічний крок має: а) знаходитись всередині обмеженого інтервалу  $[a, b]$ ; б) передбачати рух від поточного кращого  $x$  значення, яке менше, ніж половина руху на передостанньому кроці. В такому разі параболічні кроки сходяться до розв'язку, а не стрибають в деякому граничному циклі.

Особливістю описаних вище методів є їхня ефективність і універсальність. Під ефективністю методів (або їх алгоритмів) розуміють число обчислень функції, необхідне для досягнення необхідного звуження інтервалу невизначеності. Як правило, метод золотого перетину, володіє високою ефективністю, найбільш підходять для розв'язку одновимірних унімодалних задач оптимізації [7].

Універсальність алгоритму означає, що його можна легко застосувати для розв'язку самих різноманітних задач. В цьому відношенні метод параболічної інтерполяції ефективний для функцій, що складно диференціювати [8].

Але для підвищення достовірності використання методів оптимізації випадках слід використати декілька різних алгоритмів і подивитись, чи дають вони усі один і той самий оптимум. Звідси витікає важливий висновок, який слід мати на увазі, розв'язуючи задачі оптимізації: не існує універсального алгоритму, який дозволяв би розв'язувати будь-які задачі [9]. Вирішуючи складні задачі оптимізації, слід користуватися різними методами, так як це дозволяє збільшити долю вигідних розв'язків.

#### Список посилань

1. Shchapov P.F. Dynamic properties of the time series of results of biomedical measurements / P.F. Shchapov, O.B. Ivanets, O.S. Sevryukova // *Science-intensive technologies*, 2020. № 2 (46), P. 236 - 244.
2. Kucheruk V. Yu. Approach to the criterion evaluation of the degree of deviation from the norm of the state of the object / V. Yu. Kucheruk, P.I. Kulakov, O.B. Ivanets, A.P. Kulakova // *Measuring and computing technology in technological processes*, 2020. № 2 (66). P.10-15. DOI: 10.31891 / 2219-9365-2020-66-2-
3. Нефьодов Ю.М. Методи оптимізації в прикладах і задачах. / Ю.М. Нефьодов, Т.Ю. Галицька: Навч. посіб. – К.: Кондор, 2015. – 324 с.
4. Кісельова О.М. Чисельні методи оптимізації: навч. посіб. / О.М. Кісельова, А.С. Шевельова. – Д.: Вид-во ДНУ, 2008. – 208 с.
5. Еременко В.С. Метод обробки результатів вимірювань медичних показників /В.С. Еременко, М.Ю. Буриченко, О.Б.Іванець // *Наукоємні технології*, 2020. - № 3(47), С. 392 - 398. DOI: 10.18372/2310-5461.47.14937
6. Optimization Toolbox User Guide.
7. Kochenderfer M. J. Algorithms for Optimization. /Mykel J. Kochenderfer, Tim A. Wheeler. – The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, London, England, 2019. – 521 p.
8. Мовчан А.П. Навчальний посібник: Методи статичної оптимізації. Навч. посіб. / Мовчан А.П., Степанець О.В. — К.: НТУУ «КПІ», 2012. — 138 с.
9. Kuzmin V.M. Mathematical model for decision making system based on three-segmented linear regression / [V.M. Kuzmin, R.V.Khrashchevskyi, M.S.Kulik et al] // *Radio Electronics, Computer Science, Control*. — 2022. № 3. – P. 38-49.

УДК 004.056.5:57.087.1:004.032.26

**Давиденко А.М., докт. техн. наук, ст. наук. співр.**

Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ,  
davidenkoan@gmail.com

**Висоцька О.О., канд. техн. наук**

Національний авіаційний університет, м. Київ, lek\_vys@ukr.net

**Суліма О.А., канд. техн. наук**

Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ,  
rfitfo@gmail.com

## **ТЕСТУВАННЯ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ ЗОБРАЖЕНЬ ОБЛИЧЬ**

З розвитком інформаційних систем та зі зростанням вартості інформації зростає також і відповідальність користувачів за їх дії в системі. Наслідком цього є розвиток мультифакторних систем розмежування доступу. Найбільш популярним фактором для розпізнавання на сьогоднішній день є біометричні параметри користувачів. На даний момент в світі все частіше впроваджуються біометричні системи саме на основі розпізнавання обличчя осіб. Такі системи впроваджені більш ніж в 52 мільйонах смартфонів по всьому світу. Вони також використовуються в корпоративних середовищах, на підприємствах та в інших установах, особливо там де висуваються суттєві вимоги стосовно безпеки. Однак такі системи вразливі [1, 2]. Класифікація зображень в даний час в основному виконується за допомогою нейронних мереж. Навчання нейронних мереж та їх якісна робота вимагає великого масиву даних (набору даних). Для вирішення поставленої задачі набір даних можна оцінити його як 5000 оцифрованих фотографій. В попередніх роботах автори показали [1, 2] побудову датасету зображень обличчя та їх використання.

Для того щоб навчити нейронну мережу, при вирішенні поставленої задачі, використано створений раніше датасет зображень обличчя. В силу специфіки згорткових мереж, вхідні дані потрібно було додатково перетворити. Тому в даному дослідженні виконується масштабування всіх зображень до  $228 \times 228 \times 3$  і збереження їх як тензори PyTorch. Всі зображення з датасету випадковим чином розбиваються у відношенні 80% до 20% у тренувальну та тестову вибірку відповідно. Мережа навчається тільки на тренувальній вибірці. Результати роботи мережі на тестовій вибірці (точність) вважається точністю роботи мережі.

Головна перевага згорткових нейронних мереж у порівнянні зі звичайними полягає у використанні згорткових фільтрів. Вони беруть до уваги групи сусідніх пікселів на зображенні і видають їх лінійну комбінацію. Цей підхід схожий на механізм каскадів. Єдина відмінність полягає в тому, що каскади мають довільну форму, а згорткові фільтри традиційно квадратні.

Способів зменшувати розмірність зображення є два: max-pooling і зсув (stride) на фільтрах. Зазвичай використовується один із них. Суть макспулінгу полягає в тому, що в області з  $N \times N$  пікселів вибирається піксель з максимальним значенням і розмір зображення по вертикалі та горизонталі зменшується у  $N$  разів. Зсув фільтра приводить до того, що фільтр застосовується не в кожній точці зображення, а зі зсувом в кілька пікселів. При використанні такої технологія виконується та ж сама задача, але при цьому відкидається менше даних. В даному дослідженні обираємо саме цей спосіб зменшення розмірності. Кожен фільтр має stride 2. Загалом архітектура мережі, яка тестується, виглядає наступним чином (рис. 1):

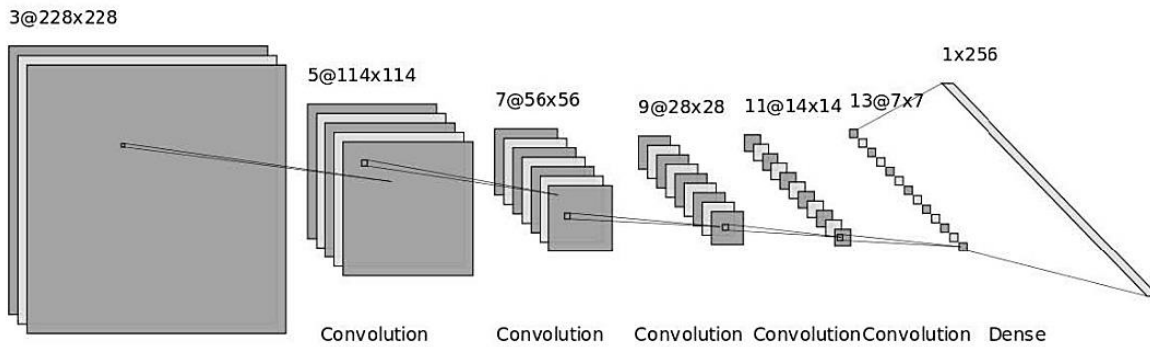
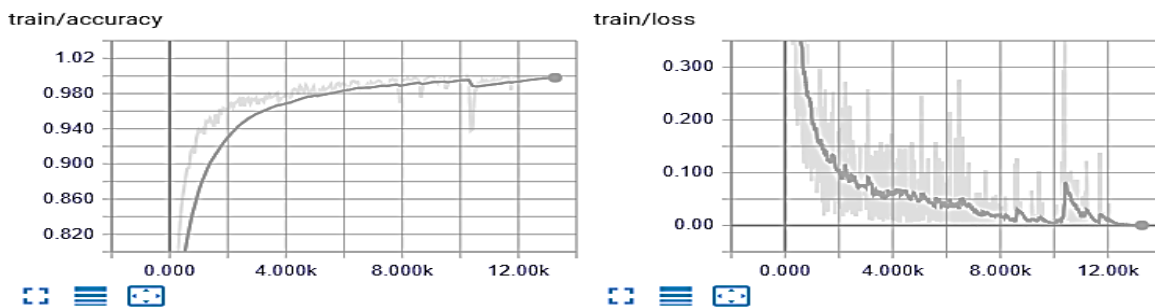


Рис. 1 – Архітектура згорткової нейронної мережі, яка тестується

Через те, що різниця між спуфами та реальними зображеннями закодована в низькорівневих властивостях зображення, таких як fine grain, visible pixelation і розмиття, є сенс застосовувати маленькі згорткові фільтри для того, щоб розпізнавати ці властивості. Перший фільтр 3x3, усі наступні - 5x5.

Навчання мережі відбувається за допомогою класичного алгоритму градієнтного спуску з модифікаціями. Результати навчання мережі можна спостерігати у реальному часі за допомогою Tensorboard. Для здійснення відповідного дослідження налаштуємо виведення чотирьох графіків (рис. 2): функції помилки (cost або loss function) і точність на тренувальному і валідаційному сеті. Логічно, що тренувальна помилка постійно падає вниз, а точність на тренувальному сеті наближається до 100%. При валідації ж помилка спершу стрімко падає, а потім у якийсь момент починає повільно рости. Це нормальне явище, в даному випадку, це означає що мережа перенавчилась (overfit). Вона почала враховувати забагато деталей з тренувального сету. Зазвичай це означає, що на загальних даних її результат буде погіршуватись. Тому на цьому моменті навчання мережі зупиняють. CNN (convolutional neural network), яка була запропонована в даній роботі, змогла досягти 97.3% точності на валідаційному сеті (рис. 2).

train



val

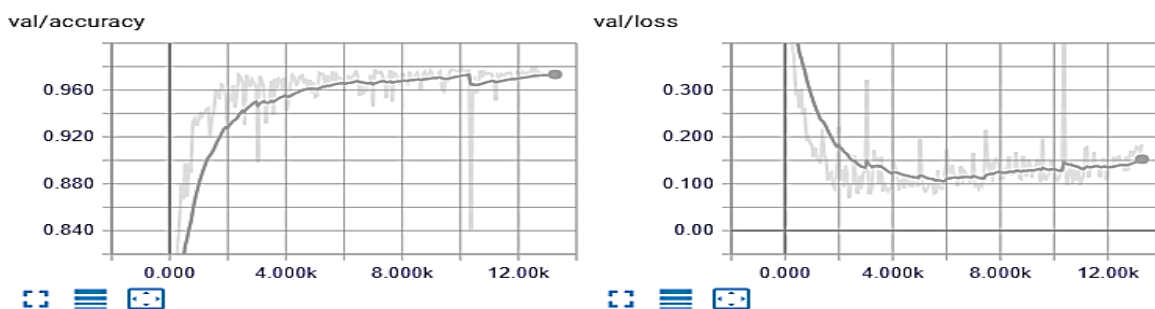


Рис. 2 – Результати випробування CNN нейронної мережі

**Висновки.** Результати тестування на цільовому датасеті зображень обличчя показало повну доцільність використання запропонованої згорткової нейронної мережі для ефективного розпізнавання обличчя користувачів. Механізм автентифікації, що тестувався, планується використовувати під час мультифакторного онлайн розмежуванні доступу користувачів для надання прав та для моніторингу використання інформаційних ресурсів.

#### Список посилань

1. Vysotska Olena, Dodatkowe uwierzytelnianie uprawnionych użytkowników według geometrii ich twarzy w systemach informatycznych wykorzystujących technologię single sign-on [Text] / Olena Vysotska, Anatolii Davydenko // XI edycja Konferencji «Inżynier XXI wieku», Part of the Monograph «Przetwarzanie, transmisja i bezpieczeństwo informacji» (10 grudnia 2021), Bielsko – Biała, Polska. – 2021, S. 257-268. DOI: <https://doi.org/10.53052/9788366249868.27>

2. Висоцька О., Виділення обличчя людини у відеопотоці для контролю за дотриманням співробітниками стану безпеки в процесі роботи та навчання [Текст] / О. Висоцька, А. Давиденко, В. Христович // Захист інформації. – 2022. – Том 24, №2. – С. 94 – 107. DOI: <https://doi.org/10.18372/2410-7840.24.16934>

УДК 681.7

**Безвесільна О.М., докт. техн. наук, професор**

**Нечай С. О., канд. техн. наук, доцент**

**Толочко Т.О., ст. викладач**

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
o.bezvesilna@gmail.com

### ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ СТАБІЛІЗАТОРА

Аналітичний огляд літератури по стабілізаторам [1-3 та ін.] не містить відомостей щодо визначення показників якості стабілізаторів, які є конче необхідними при вирішенні завдань збільшення ефективності стабілізаторів.

Задача даної роботи - сформулювати основні показники якості стабілізаторів.

Технічна досконалість стабілізаторів (С) оцінюється показниками, що характеризують якість її функціонування як в режимі стабілізації, так і в режимі наведення. Найбільш важливими з них є наступні [2-3 та ін.]:

- стійкість;
- точність стабілізації;
- якість стабілізації;
- швидкість наведення і характер розподілу по куту повороту пульта управління;
- час готовності стабілізатора;
- час безперервної роботи стабілізатора, протягом якого технічні характеристики відповідають необхідним значенням;
- надійність функціонування;
- характер і час перехідних процесів при відпрацюванні великих кутів неузгодженості.

Стійкість забезпечує основне призначення С, як системи автоматичного управління, яке полягає у підтримці заданого постійного значення регульованого параметра або його зміна за визначеним законом [3].

При відхиленні регульованого параметра від заданої величини (наприклад, під дією збурення або зміни цілі) регулятор впливає на систему таким чином, щоб ліквідувати це відхилення.

Якщо система у результаті цього впливу повертається у початковий стан або переходить в інший рівноважний стан, то така система називається стійкою.

Якщо ж виникають коливання зі зростаючою амплітудою або відбувається монотонне збільшення похибки, то система називається нестійкою [3].

Точність стабілізації є основним показником, що характеризує роботу системи в режимі стабілізації.

Зовнішні збурення, обумовлені безперервними випадковими коливаннями корпусу рухомого об'єкта, викликають відхилення стабілізатора від заданого напрямку наведення [2-3].

Для кількісної оцінки точності стабілізації визначаються середні значення абсолютних кутових відхилень стабілізатора озброєння – середні значення похибок стабілізації.

В якості мір точності систем стабілізації озброєння використовуються [3] наступні:

- середня квадратична похибка;
- середня амплітудна похибка.

Похибка стабілізації визначається експериментально за допомогою спеціальної апаратури і вимірюється у тисячних долях. Чим вище точність стабілізації, тобто чим менше відхилення від заданого напрямку наведення, тим вище якість стабілізатора [3].

Сучасні С дозволяють отримати досить високі значення точності стабілізації ( $\alpha = 0,6-0,8$  тис.), що обумовлює високу ефективність визначення цілі [2-3 та ін.].

Швидкість наведення стабілізованого об'єкта при наведенні або стеженні за ціллю характеризує якість системи в режимі наведення.

Для здійснення точного наведення зброї на ціль виконавчі приводи стабілізатора повинні забезпечувати обертання об'єкта регулювання з кутовими швидкостями, які плавно змінюються від значень 0,05-0,07 град/с до 5-6 град/с [2-3 та ін.].

Залежність від кута повороту пульта управління у цьому діапазоні швидкостей наведення має бути лінійною (або близька до неї) з градієнтом зміни кутової швидкості не більше 0,002 рад/с/град [2-3 та ін.]. Це необхідно для забезпечення можливості безперервного і точного стеження за рухомими цілями.

Для швидкого переміщення рухомого об'єкта при переведенні з однієї цілі на іншу необхідно, щоб виконавчі приводи забезпечували їх обертання з кутовими швидкостями  $Q_{\max} > 30-35$  град/с [3].

Час готовності стабілізатора – інтервал часу від моменту ввімкнення стабілізатора до початку його працездатності – визначається тривалістю процесу розгону гіродвигунів. Для сучасного С час готовності – не більше 2 хв. (входить і час ввімкнення – до 20 с) [3].

Час безперервної роботи стабілізатора визначається технічними умовами під час виконання завдання [1, 2].

На основі аналізу приладового складу, структури та динамічних параметрів блоків відомих цифрових стабілізаторів, сформульовано основні показники якості стабілізатора.

#### Список посилань

1. Безвесільна О.М. Наукові, технологічні, організаційні та впроваджувальні основи створення нового комплексу стабілізатора озброєння легких броньованих машин / О.М. Безвесільна, В.Г. Цірук // Монографія. – НПО «Пріоритети», Київ. – 2015. – 176с

2. Безвесільна О.М., Ільченко М.В. Методи та засоби підвищення точнісних характеристик приладової системи вимірювання механічних параметрів та стабілізації. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: ДП «Редакція інформаційного бюлетеня» Офіційний вісник Президента України». З грифом КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020 – Київ: 208 с.

3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Боевая машина пехоты БМП-2. Часть. 1. [Електронний ресурс] – 1987. – Retrieved from <http://armyman/info/books/id-44.html>.

УДК 681.7

Безвесільна О.М., докт. техн. наук, професор

Нечай С. О., канд. техн. наук, доцент

Толочко Т.О., старший викладач

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

o.bezvesilna@gmail.com

**ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАБІЛІЗАТОРА**

Показники роботи стабілізаторів рухомих об'єктів, зокрема їх швидкодія, великим чином залежать від параметрів електродвигунів, що використовуються у них. Однак, у відомій літературі [1-3 та ін.] ці питання не розглянуто.

Задачею даної роботи є розглянути основні параметри електродвигунів стабілізаторів та надати відповідні рекомендації щодо покращення цих параметрів.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для оцінки постійних часу електродвигунів, що використовуються у стабілізаторах проведено експериментальні дослідження двигунів ЕДМ20М, ЕДМ02, ЕДМ20 [3].

Виявлено, що для підвищення швидкодії необхідно використовувати електродвигуни з меншими електромагнітними та електромеханічними постійними та збільшеними пусковими та номінальними моментами порівняно із раніше застосованими двигунами. Доцільно підвищити номінальний момент до (2,6-3) Нм, а потужність до (800-1000) Вт [2, 3]. Технічні характеристики електродвигунів наведено у таблиці 1 [3].

Таблиця 1 - Порівняльні характеристики електродвигунів [3]

Параметри двигуна	ЕДМ03	ЕДМ20	ЕДМ20М	ЕДМ14	ЕДМ600	БДПТ
Напруга живлення	23 В	23 В	23 В	23 В	23 В	-
Напруга зрушення у режимі холостого ходу, В	2,0	-	-	-	0,7	-
Постійна е.р.с, Вс/рад	0,052	0,053	-	0,056	0,069	-
Опір обмотки, Ом	0,22	0,125	0,125	0,45	0,07	0,067
Постійна часу якоря, с	$0,32 \cdot 10^{-3}$	$0,26 \cdot 10^{-3}$	-	-	$0,49 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$
Момент інерції якоря, кгмс <sup>2</sup>	$3,15 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{-5}$	-	-
Момент опору, Нм	1,3	1,3	1,3	0,57	1,9	2,0
Постійна моменту навантаження на валу, Нм/А	0,052	0,054	-	0,056	0,069	-
Пусковий момент, Нм	9,33	7,5	7,48	-	13,6	-
Потужність, Вт	470	400	432	180	650	800
Частота обертання, об/хв	3500	3000	3000	3000	3700	4000
Пусковий струм, А	130	180	131	60	240	270
Номінальний струм, А	31	-	25,7	-	23,7	-
Електромеханічна постійна часу, с	$9,31 \cdot 10^{-3}$	$26 \cdot 10^{-3}$	$20 \cdot 10^{-3}$	-	-	-
Електромагнітна постійна часу, с	$0,32 \cdot 10^{-3}$	-	$0,26 \cdot 10^{-3}$	-	-	-
Перегрів у номінальному режимі °С	113	-	133	-	104	-

Експериментальними дослідженнями виявлено можливість зменшити індуктивність дроселів в LC-фільтрах підсилювачів потужності зі збереженням припустимого рівня пульсацій, створюваних силовими мостовими комутаторами, що працюють на активно-індуктивне навантаження обмоток якорів електродвигунів [3].



У результаті цих досліджень постійну часу підсилювачів потужності зменшено до 0,3 мс у порівнянні з 8 мс. Ці доопрацювання введено у відповідних блоках стабілізатора, що виробляються серійно, а також у блоці, що працює з двигуном підвищеної потужності ЕДМ600 [2, 3].

Застосування безколекторних двигунів постійного струму [1-3] має ряд переваг над звичайними колекторними двигунами:

- більше термін дії, ніж колекторних;
- висока швидкодія та динаміка, точність позиціонування;
- вищий ККД;
- швидкий набір максимальної швидкості обертання;
- більша потужність;
- не потребує додаткового охолодження;
- відсутнє іскріння;
- широкий діапазон зміни частоти обертання;
- безконтактність та відсутність вузлів, що потребують технічного обслуговування;
- збільшений термін служби, висока надійність і підвищений ресурс роботи за рахунок відсутності ковзаючих електричних контактів;
- низький перегрів електродвигуна при роботі в режимах з можливими перевантаженнями;
- більш низький рівень електромагнітних шумів.

У той же час слід відмітити і деякі недоліки безколекторних двигунів постійного струму: висока собівартість; неможливість їх використання без драйвера; проблемний ремонт, особливо при виконанні перемотки двигуна.

Проведено експериментальні дослідження електродвигунів, що використовуються у стабілізаторах для оцінки постійних часу електродвигунів. Встановлено, що для підвищення швидкодії необхідно використовувати електродвигуни з меншими електромагнітними та електромеханічними постійними та збільшеними пусковими та номінальними моментами порівняно із раніше застосованими двигунами. Доцільно підвищити номінальний момент до (2,6-3) Нм, а потужність до (800-1000) Вт. Експериментальними дослідженнями виявлено можливість зменшити індуктивність дроселів в LC-фільтрах підсилювачів потужності зі збереженням припустимого рівня пульсацій, створюваних силовими мостовими комутаторами. У результаті цих досліджень постійну часу підсилювачів потужності зменшено до 0,3 мс у порівнянні з 8 мс. Ці доопрацювання введено у відповідних блоках. Запропоновано використовувати безколекторні двигуни постійного струму, які мають суттєві переваги перед звичайними колекторними двигунами.

#### Список посилань

1. Безвесільна О.М. Підвищення точності стабілізаторів озброєння легкої броньованої техніки//О.М. Безвесільна, В.Г. Цирук, М.В. Ільченко, Ю.В. Киричук//XIV МНПК «Наукова думка інформаційного віку 2018» Польща, Пшемишль. 07–15.03.2018. – С.3–8.
2. Безвесільна О.М. Системи наведення та стабілізації озброєння. /Безвесільна О.М. В.П. Квасніков, В.Г. Цирук, В.В. Чиковані // Монографія. – НПО «Пріоритети». – Київ.– 2014. –176с.
3. Безвесільна О.М., Ільченко М.В. Методи та засоби підвищення точнісних характеристик приладової системи вимірювання механічних параметрів та стабілізації. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: ДП «Редакція інформаційного бюлетеня» Офіційний вісник Президента України». З грифом КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020 – Київ: 208 с.

УДК 537.8: 620.1: 621.643.2

Джала Р.М., докт. техн. наук  
Вербенець Б.Я., канд. техн. наук  
Джала В.Р., канд. техн. наук  
Мельник М.І., канд. техн. наук

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, dzhala.rm@gmail.com

## ОПЕРАТИВНИЙ КОНТРОЛЬ ІЗОЛЯЦІЇ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Ізоляційні покриття є основою захисту від корозії підземних трубопроводів (ПТ) та інших металевих споруд в агресивних середовищах. Покриття можуть бути пошкоджені під час спорудження та у процесі експлуатації; діелектрична ізоляція старіє і деградує зазвичай скоріше металу. Тому на важливих спорудах, магістральних трубопроводах необхідні періодичні діагностичні обстеження і контроль технічного стану захисних ізоляційних покриттів [1].

Стан захисних покриттів потрібно контролювати на всіх етапах, починаючи з будівництва [1, 2]. Параметри матеріалів контролюють за технологією їх виробництва та нанесення і у процесі використання. Матеріали і конструкція покриттів відповідно до умов експлуатації повинні задовольняти проектні рішення та вимоги нормативних документів. Під час спорудження ПТ контроль ізоляційних покриттів здійснюють поетапно у процесі виконання ізоляційних робіт та після укладання трубопроводу в землю. Контролюють якість: очистки поверхні труба, нанесення ґрунтовки та ізоляційних матеріалів, укладальних робіт, збудованих ділянок ПТ. Перед укладанням у траншею іскровим дефектоскопом контролюють суцільність покриття і перехідний опір визначають методом мокрого контакту [1].

Для укладеної в ґрунт ділянки трубопроводу стан ізоляції інтегрально оцінюють методом катодної поляризації за вимірами загального струму установки катодного захисту (УКЗ, підключеної до труби і заземлення) та напруг труба-земля до і після увімкнення поляризації. Отримують деяке усереднене значення опору захисного покриття, бо не враховують нерівномірностей розподілів струму і напруги, що є недоліком такої оцінки.

Пошкодження ізоляції ПТ традиційно шукають контактними електрометричними методами, зокрема, методом винесення електродів та його модифікаціями [1]. Їх недоліками є трудомісткості забезпечення достатньої кількості надійних контактів з металом ПТ і з ґрунтом (особливо за сухої поверхні чи асфальтового покриття), якісний характер контролю (можливість виявляти лише локальні чітко виражені (контрастні) наскрізні пошкодження ізоляції) та непридатність для кількісної оцінки стану ізоляції, коли її характеристики змінюються плавно чи є однорідними вздовж траси [2].

Названі недоліки усуває використання розроблених у ФМІ НАНУ методу і апаратури безконтактних вимірювань струмів (БВС). Виміри струму, що протікає у нитках і плечах ПТ, пов'язаних з УКЗ, дають розподіл струму, за яким оперативно отримуємо інтегральні оцінки ізоляції на різних нитках і плечах ПТ. Послідовні безконтактні вимірювання струму, що протікає по ПТ у різних точках вздовж траси, дають розподіл витрат струму, за яким отримуємо кількісні оцінки розподілу перехідного опору труба-земля на різних ділянках [2], оперативно виявляємо місця незадовільної ізоляції ПТ.

### Список посилань

1. Механіка руйнування та міцність матеріалів: Довідн. посібник / Під заг. ред. В.В. Панасюка. Том 11: Міцність і довговічність нафтогазових трубопроводів і резервуарів. / Авт.: Г.М. Никифорчин, С.Г. Поляков, В.А. Черватюк, І.В. Ориняк, З.В. Слободян, Р.М. Джала. – Львів: «Сполом». – 2009. – 501 с.
2. Джала Р.М. Електромагнетний контроль ізоляції підземних трубопроводів / Джала Р.М., Дикмарова Л.П., Джала В.Р., Вербенець Б.Я. – Київ: Наукова думка, 2021. – 260 с.

УДК 629.7.047.8

**Пантелєєва Н.М., докт. екон. наук, канд. техн. наук, професор**  
**Хуторна М.Е., докт. екон. наук, професор**  
**Чередніков О.М., канд. техн. наук, доцент**  
**Андрієнко О.В., канд. психол. наук**  
**Шевченко Д.Т., аспірант**

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Черкаси, nnpanteleeva2017@gmail.com

## **ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ЛЬОТНОГО ОБМУНДИРУВАННЯ**

Сучасні ускладнені умови проведення оцінювання складних систем озброєння та військової техніки (ОВТ), часово-просторові та інші обмеження випробувань зразків ОВТ вимагають від дослідників активно застосовувати методи оцінювання у різних варіантах їх модифікації. Також існує кілька підходів до формалізації процесу випробувань та оцінки якості зразків ОВТ. Так, для оцінювання льотного обмундирування (ЛТО) використовують державні стандарти та рекомендації, міжнародних організацій таких як Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) та Європейський комітет зі стандартизації (CEN). Ці стандарти та рекомендації визначають методи випробувань та оцінки якості ЛТО, а також надають рекомендації щодо вибору критеріїв оцінки якості.

Метод оцінки якості з використанням багатокритеріальної моделі (БКМ) ураховує велику кількість показників (чинників), що вимірюються або визначаються шляхом опитування експертів. Також, використання різних типів критеріїв якості (технічних, ергономічних, часових, економічних та функціональних), визначає різні характеристики, які пов'язані з якістю опосередковано, отже дозволяє визначити більш точну інтегровану оцінку якості зразків. БКМ відрізняється від інших методів оцінювання тим, що вона дозволяє оцінити льотне обмундирування також на основі багатьох різних за змістом критеріїв, що дозволяє отримати більш повну картину про якість одягу для використання в специфічних умовах діяльності людини та розуміти, які характеристики можуть бути покращені та за рахунок чого.

Незалежно від цього, багатокритеріальна модель оцінювання є уніфікованим інструментом для визначення якості ЛТО на основі виділення різних критеріїв надійності. Для забезпечення надійності та точності результатів можна використовувати декілька підходів, таких як використання експертів з різних галузей, проведення ретельного аналізу результатів з їх повторною перевіркою, а також застосування математичних методів оцінювання [1,2].

Умовою застосування БКМ є забезпечення стандартизації процесу оцінювання та розробка чітких критеріїв для оцінювання кожного елементу льотного обмундирування. Це дозволяє знизити рівень суб'єктивності оцінювання та забезпечити більш стандартний об'єктивний підхід до оцінювання якості льотного обмундирування.

Існує кілька математичних методів оцінювання льотного обмундирування. Деякі з них:

Метод аналізу ієрархій (МАІ). Цей метод заснований на припущенні, що оцінка складної системи може бути розкладена на більш прості елементи. Він дозволяє визначити вагомість кожного критерію і підкритерію відносно інших, що допомагає уникнути суб'єктивності при оцінюванні.

Метод ТОПСІС (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Цей метод визначає ідеальний варіант для кожного критерію і порівнює всі варіанти з цим ідеальним рішенням. Він дозволяє визначити кращі варіанти з усіх можливих.

Метод ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la REalité). Цей метод дозволяє визначити, які варіанти відповідають заданим критеріям і які варіанти варто відкинути. Він дозволяє вибрати оптимальний варіант на основі набору критеріїв.

Метод аналізу варіантів (ANalysis Of VAriance, ANOVA) є статистичним методом, який використовується для порівняння середніх значень трьох або більше груп, щоб визначити, чи є статистично значимі різниці між ними. ANOVA дозволяє виявляти, чи впливають різні фактори на залежну змінну і чи є взаємодія між цими факторами.

Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного методу залежить від потреб дослідження та вимог до точності оцінювання. Точність математичних методів оцінювання ЛТО може варіюватись в залежності від конкретного методу та відповідно до його використання. Наприклад, метод аналітичного ієрархічного процесу може мати високу точність, якщо правильно визначити критерії та їх важливість, а також добре підібрати альтернативи для порівняння.

Таким чином, для забезпечення точності та надійності результатів, отриманих за допомогою багатокритеріальної моделі оцінювання льотно-технічного обмундирування, можна виконати кілька кроків.

По-перше, необхідно визначити чіткі та об'єктивні критерії оцінювання, які відповідають потребам та вимогам користувачів льотного обмундирування. Наприклад, це можуть бути критерії зручності, безпеки, ергономіки, дизайну, функціональності та інші.

По-друге, необхідно провести тренування та підготовку експертів, які будуть проводити оцінювання льотного обмундирування. Експерти повинні детально ознайомитися з критеріями оцінювання та мати досвід в роботі з льотним обмундируванням.

По-третє, необхідно використовувати стандартизовані процедури оцінювання, які гарантують консистентність та об'єктивність оцінок. Це може включати в себе використання шкал оцінювання, структуровані форми та інші інструменти, які допоможуть експертам ретельно та систематично проводити оцінювання.

По-четверте, необхідно забезпечити контроль якості результатів оцінювання. Це може включати в себе перевірку та перегляд результатів оцінювання, повторне оцінювання деяких зразків та інші методи, які допоможуть забезпечити точність та надійність результатів.

Загалом, використання багатокритеріальної моделі оцінювання льотно-технічного обмундирування може бути застосовано в різних галузях, включаючи льотну техніку, автомобільну промисловість, медицину та інші. Важливо мати на увазі, що багатокритеріальна модель оцінювання не є універсальним рішенням для всіх ситуацій, і її застосування може бути обмеженим в певних випадках.

Точність математичних методів оцінювання льотного обмундирування може варіюватись в залежності від конкретного методу та відповідно до його використання. Так метод аналітичного ієрархічного процесу може мати високу точність, якщо правильно визначити критерії та їх важливість.

#### Список посилань

1.Формалізація процесу випробувань дослідних зразків льотно-технічного обмундирування / Хуторна М.Е., Пантелеєва Н.М., Чередніков О.М., Шевченко Д.Т., Хмель Є.В.// Проблеми інформації та управління. 2022.– №4(72) – С.67-72..

2.Інформаційна модель випробувань дослідних зразків льотно-технічного обмундирування / Хуторна М., Чередніков О., Пантелеєва Н., Андрієнко О. // Технічні науки та технології : науковий журнал / Національний університет «Чернігівська політехніка». Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – № 1(31). – С.61-67.

УДК 004.896

Копей В.Б., докт. техн. наук, професор  
Букатка Ю.С., аспірант

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, vkorey@gmail.com

## МАКРОС SOLIDWORKS ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЇ З МОЖЛИВІСТЮ ОБЧИСЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ

Модуль скінченно-елементного аналізу SOLIDWORKS Simulation має вбудовані засоби для оптимізації параметрів конструкції та автоматизації дослідження їхнього впливу на напруження і деформації. Проте нерідко виникає необхідність створення спеціальних алгоритмів таких досліджень. Для їхньої реалізації можна скористатись інтерфейсом прикладного програмування SOLIDWORKS API [1]. За допомогою нього мовою VBA авторами розроблено макрос CW\_APIexample.bas [2], який може бути використано як шаблон для створення прикладних CAD/CAE систем на базі SOLIDWORKS, зокрема для параметричних досліджень за довільним планом експерименту або для оптимізації за довільним алгоритмом оптимізації. Використання макросу потребує мінімальних знань програмування мовою VBA. Для його адаптування до конкретної задачі необхідна, в основному, модифікація процедури main. SOLIDWORKS API використовує технологію COM, тому макрос можна також адаптувати для запуску з будь-якого додатку, що підтримує COM, наприклад, Excel. На противагу до вбудованих прикладів [3] макрос готовий до повноцінного дослідження, потребує мінімального втручання користувача та має можливість обчислення коефіцієнта запасу втомної міцності (FOS) за критерієм Сайнса [4]:

$$FOS = \frac{\sigma_{-1} - \psi_{\sigma} \sigma_m}{\sigma_a}, \quad (1)$$

де  $\sigma_{-1}$  – границя витривалості матеріалу;

$\psi_{\sigma}$  – коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрії циклу;

$\sigma_m$  – середнє напруження

$$\sigma_m = \sigma_{m1} + \sigma_{m2} + \sigma_{m3},$$

де  $\sigma_{mi}$  – середнє головнго напруження  $i$ ,  $\sigma_{mi} = (\sigma_{i \max} + \sigma_{i \min})/2$ ;

$\sigma_a$  – амплітуда напружень

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_{a1} - \sigma_{a2})^2 + (\sigma_{a2} - \sigma_{a3})^2 + (\sigma_{a3} - \sigma_{a1})^2]},$$

де  $\sigma_{ai}$  – амплітуда головнго напруження  $i$ ,  $\sigma_{ai} = (\sigma_{i \max} - \sigma_{i \min})/2$ .

Критерій Сайнса простий для використання, але може бути використаний тільки для умов пропорційного навантажування, де напрямки осей головних напружень залишаються незмінними впродовж циклу навантажування [5].

Функція FOS макросу повертає значення коефіцієнта запасу (1). Її аргументами є головні напруження (МПа) на двох кроках навантажування (з мінімальним та максимальним навантаженням циклу). Остання цифра назви аргументів відповідає номеру кроку. Локальна змінна sn – це границя витривалості (МПа), m – коефіцієнт, що залежить від  $\psi_{\sigma}$  ( $m=3\psi_{\sigma}$ ).

Процедура loadActivate дозволяє задіяти потрібне навантаження і дослідження Study. У першу чергу вона зручна під час обчислення FOS.

Функція `EntityStress` повертає напруження результатів `CWResult` на елементі з іменем `EntityName` деталі `Part`. Не працює з «2D спрощенням» моделі. Результати повертаються у вигляді масиву (вузол1, значення1, вузол2, значення2, ...). Для отримання напружень використовується API-функція `GetStressForEntities3`.

Процедура `main` є головною процедурою, з якої починається виконання макросу. Основна її частина, яка потребує модифікації під конкретну задачу, є вкладеними циклами з наступним загальним алгоритмом:

Для кожного значення параметра `X`:

Для кожного навантаження `i` циклу (мінімального, максимального):

Змінити значення параметра `X` і перебудувати модель.

Створити сітку, виконати задачу і отримати результати.

Отримати мінімальне і максимальне напруження за Мізесом (МПа).

Отримати компоненти напружень у вузлі `n`, зокрема, головні напруження.

Обчислити середнє значення еквівалентного напруження на обраній вершині, ребрі чи грані.

Кінець ітерації.

Обчислити FOS за компонентами напружень у вузлі.

Кінець ітерації.

Внутрішній цикл алгоритму необхідний для обчислення значення FOS. В залежності від кількості параметрів, зовнішніх циклів може бути більше. В такому вигляді алгоритм реалізує параметричне дослідження для параметра `X`, яке можна розглядати як оптимізацію сітковим методом. Проте користувач може створити свої власні алгоритми оптимізації, наприклад, еволюційні алгоритми.

Перед запуском необхідно вибрати в меню `Tools/References` редактора коду пункт «`SOLIDWORKS Simulation 2020 type library`». Також у процедурі `main` необхідно вказати індекс дослідження в `Simulation: StudyMngr.GetStudy(1)`. Якщо досліджуються напруження чи FOS в конкретному вузлі сітки, то потрібно ввести його номер, наприклад, `n = 65`. Проте зміна геометричного параметра призводить до зміни сітки і, відповідно, номера вузла. Отже замість вузла доцільніше обрати конкретну грань (вершину, ребро), яку в моделі слід назвати іменем `EntityName` за допомогою меню `FaceProperties`. В цьому випадку макрос буде застосовувати функцію `EntityStress`, в якій для вибору грані потрібно змінити перші рядки:

```
Dim Entity As SldWorks.Face2
```

```
Set Entity = Part.GetEntityByName(EntityName, swSelfFACES)
```

Для тестування роботи макросу можна скористатись моделлю `CW_APIexample.SLDPRT`, в якій досліджується параметр "D2@Sketch1" (діаметр отвору).

Автори запрошують приєднуватись до проекту на [GitHub](#) [2].

#### Список посилань

1. SOLIDWORKS API Help. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://help.solidworks.com/2020/English/api/sldworksapiproguide/Welcome.htm> (access 20.05.2023).

2. Kopei V. vkopey/FOS: VBA macro for SOLIDWORKS API for fatigue safety factor calculation by Sines' method. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/vkopey/FOS> (access 20.05.2023).

3. SOLIDWORKS API Help: Analyze Part Example (VBA). [Електронний ресурс]. – Режим доступу:



[https://help.solidworks.com/2020/English/api/swsimulationapi/Analyze\\_Part\\_Example\\_VB.htm](https://help.solidworks.com/2020/English/api/swsimulationapi/Analyze_Part_Example_VB.htm). (access 20.05.2023).

4. Sines G. Behavior of metals under complex static and alternating stresses // Metal Fatigue / eds. G. Sines, J. L. Waisman. – New York : McGraw-Hill, 1959. – P. 145-169.

5. Metal Fatigue in Engineering / Ralph I. Stephens, Ali Fatemi, Robert R. Stephens, Henry O. Fuchs. – John Wiley & Sons, 2000. – 496 p.

УДК 004.378:005.8:005.42:005.22

**Цюцюра М.І., докт. техн. наук, професор  
Гончаренко Є.О., асистент**

Київський національний університет будівництва і архітектури, mitsiutsiura@gmail.com

## **РОЗРОБКА БАЗИ ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДОКУМЕНТООБІГУ «КАНЦЕЛЯРІЯ-ФАКТ»**

Дана робота присвячена розробці програмного забезпечення, впровадження методології гармонізації, опису вхідних та вихідних параметрів інформаційних підсистем. Визначена модель та впроваджена схема взаємодії інваріантної бази даних ERP-системи з функціональними компонентами інформаційних підсистем ЗВО [1]. Побудована ієрархічна функціональна модель проектування та розробки БД управління ЗВО, які дозволяють значно прискорити та зменшити витрати на розробку БД та на основі фізичної моделі SQL-опису дозволяє створити в автоматичному режимі інформаційні об'єкти в БД вибраної СУБД засобами CASE-систем ARIS Express та BPWin [1-3].

*Розробка бази даних.* MySQL Workbench – це є засіб, що забезпечує візуальне проектування, об'єднуючи у собі розробку, проектування, створення, адміністрування та обслуговування баз даних SQL в єдине інтегроване середовище MySQL. Характерні особливості MySQL Workbench будуть наведені нижче.

*Загальні:* підключення до бази даних і управління екземплярами; можливість написання скриптів використовуючи Python та Lua; підтримка користувацьких плагінів; сумісність з MSAA; підтримка функцій MySQL Enterprise.

*Редактор SQL:* підтримка юнікоду; підсвічення синтаксису SQL та аналізатор операторів; перегляд та пошук схеми об'єктів; завершення SQL коду та контекстна допомога; підключення за допомогою протоколу SSH.

*Моделювання даних:* ER-діаграма; схема синхронізації; друкування моделей.

*Адміністрування бази даних:* запуск та зупинка екземплярів бази даних; конфігурування екземпляру; управління обліковим записом бази даних; перегляд змінних екземпляру; перегляд файлу журналу; експорт та імпорт екземпляру бази даних.

*Моніторинг продуктивності:* метрики схеми продуктивності; статистика запитів; панель управління екземплярами MySQL.

*Міграція баз даних:* вбудована підтримка Microsoft SQL Server, PostgreSQL, SQL Anywhere, SQLite та Sybase ASE; будь-яка база даних, що сумісна зі стандартом ODBC.

На рис. 1 зображена концептуальна модель бази даних програмного забезпечення системи електронного документообігу.

Під концептуальною моделлю бази даних ми можемо розуміти макет конкретної предметної області, що являє собою сукупність об'єктів та зв'язків між ними [2-4].

Однієї з основних складових, необхідних для функціонування системи є документ. Для подальшої роботи з ним, його треба додати в базу даних. Для цього використовується форма додавання документу, але це не розглядатиметься в рамках даної роботи, а буде винесене до розгляду в наступних роботах.

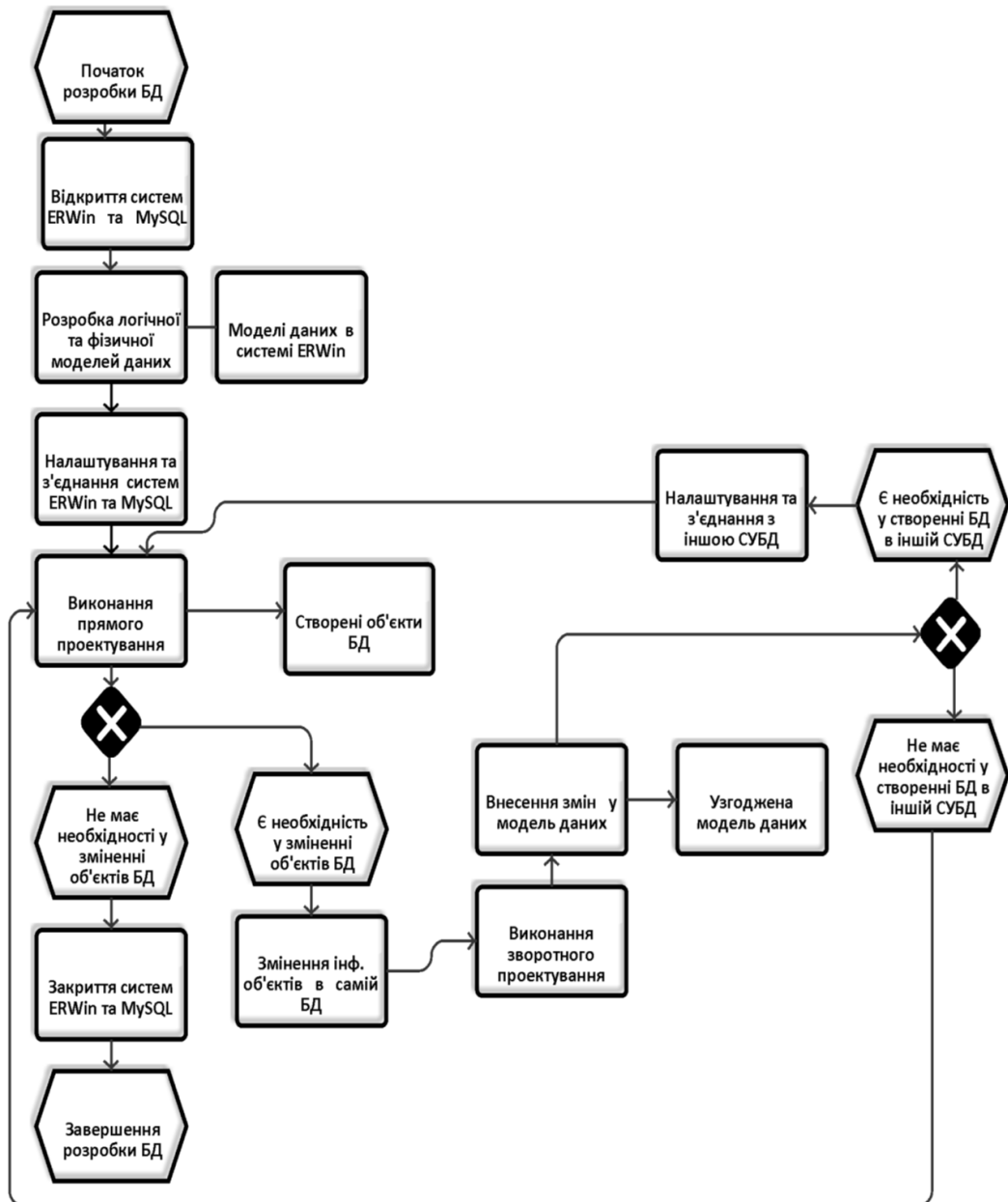


Рис. 1 – Концептуальна модель БД інформаційної системи «Канцелярія-Факт»

Інформаційна система електронного документообігу «Канцелярія-Факт» є базовим програмним продуктом, в якому закладено мінімальний набір функцій для ведення електронного документообігу в рамках закладу вищої освіти.

#### Список посилань

1. Цюцюра М.І. Методологія розробки та принципи функціонування інформаційної технології гармонізації змісту освіти [Текст] / С.Д. Бушуєв, М.І. Цюцюра // ISSN Online: 2076-8184. Information Technologies and Learning Tools, 2018, Vol 1, №1. pp. 105-126 (*Web of Science*).
2. Цюцюра М. І. Технологічні стандарти як основа розробки відкритих систем ІТ-освіти. [Текст] / М.І. Цюцюра, Резник Р.С. // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць.: – К.: КНУБА, 2016. – Вип. 25. – № 25. – С. 165-171.
3. Цюцюра М.І., Цюцюра С.В., Криворучко О.В. Інформаційна технологія розвитку змісту освіти. Монографія К.: ЦП «Компринт», 2019. – 118 с.: іл. ISBN -978-966-929-967-9.
4. Цюцюра М.І. Інформаційна технологія формування організаційної компетенції в управлінні розвитком ЗВО. [Текст] / М.І. Цюцюра, С.В. Цюцюра, О.В. Криворучко // Управління розвитком складних систем. – 2018. – Вип. 33 – – № 33. – С. 190 – 194.

УДК: 004.2+004.8+004.93

Меус О.С., магістрант  
Кайдик О.Л., канд. техн. наук, доцент  
Кошелюк В.А., канд. техн. наук, доцент  
Терлецький Т.В., канд. техн. наук, доцент  
Савич М.В., здобувач вищої освіти

Луцький національний технічний університет, [o.meus@i.ua](mailto:o.meus@i.ua)

## ПРО СТРУКТУРНІ ПІДХОДИ ДО ІДЕНТИФІКУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОСТУПУ ТА ЇХ НЕДОЛІКИ

В основу структурних підходів до ідентифікування об'єктів доступу покладено автоматичний підбір властивостей оброблених даних, що є передумовою побудови системи розпізнавання із наперед заданими характеристиками. Складність розпізнавання цих об'єктів полягає у тому, що характерні ознаки є багатомірними векторами, які у поєднанні здатні описати певні властивості досліджуваних об'єктів.

Серед найбільш відомих різновидів адаптивних методів можна виокремити наступні: метод опорних векторів; штучні нейронні мережі; прихована Марковська модель; метод гнучкого порівняння графів.

Метод опорних векторів (Support Vector Machines – SVM) прийнято використовувати для вирішення задач класифікації та регресійного аналізу. Основною ідеєю цього методу є переведення вихідних векторів у площину більш високої розмірності та пошук роздільної гіперплощини із максимальним зазором у цьому просторі. В основу алгоритму SVM покладено припущення, яке полягає у тому, що чим більшою є різниця або відстань між паралельними гіперплощинами, тим меншою буде середня похибка класифікатора.

Серед недоліків методу опорних векторів слід відзначити наступне: налаштування системи потребує значних часових втрат та потреба у збільшенні об'єму пам'яті.

В основу штучних нейронних мереж (НМ) покладено здатність розв'язувати задачі таким же чином, як це робить людський мозок. На практиці багатoshарову НМ використовують для класифікації зображень об'єктів спостереження на основі таких характеристик, як відстань між специфічними частинами обличчя (ніс, рот, очі). Застосування згорткової НМ дозволяє використовувати локальні рецепторні поля, які забезпечують детектування окремих рис об'єкта у будь-якому місці зображення та забезпечує часткову стійкість до змін масштабу, зсувів, поворотів, спотворень. Порівнюючи багатoshарові та згорткові НМ слід відзначити останні, оскільки вони володіють суттєвими перевагами як за швидкістю, так і за надійністю класифікації.

Прихована Марковська модель (ПММ) є найдієвишим засобом моделювання різних процесів та розпізнавання образів. Вона, за своєю природою, дозволяє враховувати просторово-часові характеристики сигналів, а останнім часом почала застосовуватись під час розпізнавання зображень.

В основу Марковської моделі першого порядку покладено залежність наступного стану відносно поточного. При переході до кожного із станів система генерує характерну ознаку, яка відповідає фізичному сигналу, що формується на виході моделюючої системи.

З метою скорочення обчислень, під час розпізнавання об'єкта спостереження використовують лінійні моделі. У таких моделях кожен стан володіє лише одним наступним станом, а перехід можливий тільки назад у той самий стан. Ці моделі враховують часові характеристики зображення: визначений порядок проходження ділянок сигналу, їх взаємне розташування та можливість локальних розтягувань або стискань.

Двохмірна Марковська модель, у порівнянні із одномірною, дозволяє моделювати спотворене зображення та взаємне розташування ділянок в обох напрямках одночасно. Для зменшення обчислювальної складності зазвичай використовують псевдодвохвимірні

ПММ. Вона дозволяє врахувати локальні деформації, а також взаємне розташування ділянок зображень. На відміну від оптичних потоків та інших методів співставлення деформацій, псевдодвохвимірні моделі здатні враховувати її характер, а те, якими саме вони можуть бути, псевдодвохвимірні ПММ засвоюють під час самонавчання (наприклад: ділянка, яка фізіологічно відповідає оку, ніколи не буде співставленою з ділянкою рота, вуха, носа тощо).

Важливою ознакою ПММ є початкова ініціалізація її моделі. У якості початкової ініціалізації усіх моделей прийнято використовувати усі наявні у базі даних зображення. Після чого модель кожного класу налаштовується на відповідне зображення.

Основним недоліком ПММ є те, що вона не здатна розрізняти, тобто алгоритм її самонавчання лише максимізує відгук кожної моделі на свої класи, але не мінімізує відгук на інші класи.

Метод гнучкого порівняння графів (Elastic graph matching – EGM) базується на еластичному зіставленні графів, які описують зображення обличчя. У ньому обличчя подають у вигляді графа, вершини якого розташовані на ключових точках обличчя (контури голови, губ, носа тощо), а кожна із граней позначена відстанями між її вершинами. Для кожної такої точки обчислюють коефіцієнт розкладання функцій Габор (джет). Як правило джет характеризує локальні області зображення та призначений для двох задач: знаходження точок відповідності в заданій області на двох різних зображеннях і порівняння відповідних областей різних зображень.

Кожна із функцій, яка притаманна точкам із однієї області різних зображень характеризується своєю амплітудою, яка повільно змінюється зі зміною положення точки, та фазою, яка обертається зі швидкістю, що пропорційна частоті хвильового вектору базової функції. Для пошуку, на новому зображенні, точки з аналогічними характеристиками функції подібності фазу не враховують.

Функція подібності з одним джетом у фіксованій позиції, а іншим у змінній є достатньо гладкою, щоб отримати швидку та надійну збіжність під час пошуку із застосуванням найпростіших методів таких, як дифузія або градієнтний спуск. Для більш якісної функції подібності необхідно надавати інформацію про фазу (під час ініціалізації різним ракурсам вручну задають відповідні ключові точки). З метою подання різних варіацій одного і того ж об'єкта у його зображенні у тому самому графі, для кожної точки використовують декілька джетів, що відповідають різним локальним характеристикам даної точки.

Процес розпізнавання невідомого об'єкта полягає у порівнянні графа зображення особи з усіма іншими графами, які є наявними у базі даних, використовуючи функції подібності. Наявні методи оцінювання здатні досить надійно розпізнавати об'єкт при зміні ракурсу до 20°. Збільшення кута розпізнавання знижує точність розпізнавання, при чому, функція подібності стає більш чутливою до ракурсу, у порівнянні із міжкласовими відмінностями.

Подальшим розвитком цього методу залишається виокремлення коефіцієнтів важливості на основі аналізу самонавчальної вибірки. За допомогою симплекс-методу, для кожного джета обчислюють коефіцієнт важливості, який у подальшому використовують у функції подібності.

Недоліком методу гнучкого порівняння графів і надалі залишається висока обчислювальна складність процедури розпізнавання та низька технологічність запам'ятовування нових еталонів.

Подальший аналіз структурних підходів за тими або іншими ознаками об'єкта доступу дозволить підібрати теоретичний базис для подальшого дослідження та порівняти ефективності його ідентифікування.

УДК 004.9

Мелешко Є.В., докт. техн. наук, професор  
Дреєва Г.М., аспірант

Дреєв О.М., канд. техн. наук, доцент

Якименко М.С., канд. техн. наук, доцент

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький,

elismeleshko@gmail.com

## ПРОГРАМНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ЙМОВІРНІСТЮ ВТРАТИ ІР-ПАКЕТІВ ТА ЗНАЧЕННЯМ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ ТРАФІКУ

Комп'ютерна мережа у розробленій моделі представлена повнозв'язним неорієнтованим зваженим графом, в якому вузлами є маршрутизатори, а ребрами – мережеві зв'язки між ними. Вага ребер – величина обернена до пропускної спроможності каналу зв'язку. Вузли містять у собі черги, в яких розміщуються прийняті пакети перед визначенням маршруту їх відправлення та відправкою на наступний вузол. Час у моделі представлений дискретними ітераціями. Маршрутизація здійснюється на основі алгоритму, який і необхідно протестувати на моделі. Етапи роботи розробленої програмної імітаційної моделі комп'ютерної мережі:

**Етап 1.** Генерація структури комп'ютерної мережі (рис. 1) на основі вдосконаленої та адаптованої моделі Барабаші-Альберт [1].

**Етап 2.** Перевірка чи отриманий граф мережі повнозв'язний. Якщо згенерований граф не повнозв'язний – додавання ребер між відокремленими частинами графу.

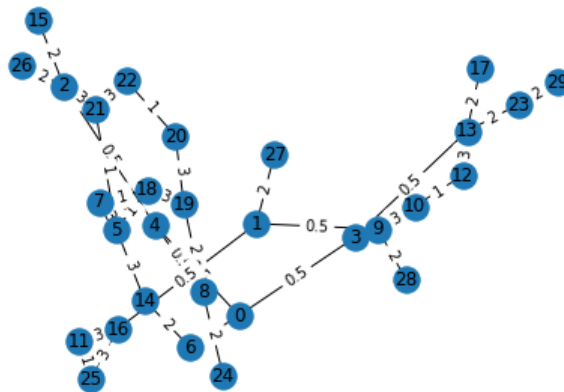


Рис. 1 – Приклад структури комп'ютерної мережі, згенерованої у розробленій моделі

**Етап 3.** Присвоєння ребрам ваги, що залежить від, того, які вершини вони з'єднують – чим більше зав'язків у вузлів, які з'єднує ребро, тим менша вага цього ребра (і відповідно тим більша пропускна спроможність відповідного каналу зв'язку).

**Етап 4.** Генерація пакетів трафіку на відправку. На кожен вузол з деякою ймовірністю відправляється випадкова кількість пакетів з випадковими адресатами. Пристрій, що отримав пакети ставить їх у свою внутрішню чергу. Трафік генерується з фрактальними властивостями [2] на основі теорії марківських процесів, що часто використовується для моделювання трафіку різних систем масового обслуговування.

**Етап 5.** Тестування алгоритмів маршрутизації. Обирається алгоритм маршрутизації для тестування. Пакети трафіку, що стоять у чергах у вузлах мережі обслуговуються за допомогою обраного алгоритму маршрутизації. Моделюється рух пакетів по мережі. Якщо деякому пакету не вистачило місця у черзі деякого вузла – пакет втрачається. У моделі підраховуються всі отримані та втрачені пакети.

**Етап 6.** Завершення роботи моделі. Відбувається по досягненню заданої кількості ітерацій (наприклад, 1000 ітерацій), або якщо модель працює у другому режимі роботи, то умовою зупинки також може бути стан, коли всі черги порожні і всі пакети знаходяться серед розісланих чи втрачених.

В цій роботі для симуляції мережевого трафіку було створено бінарний часовий ряд, персистентність якого регулюється завданням ймовірностей зміни стану на протилежний  $\lambda_1, \lambda_2$  (рис. 2). Цей генератор характеризується станами 0 або 1, та ймовірностями знаходження в цих станах як  $p_0 = \lambda_2 / (\lambda_1 + \lambda_2)$  та  $p_1 = \lambda_1 / (\lambda_1 + \lambda_2)$ , де  $\lambda_i$  – ймовірності відповідних переходів [2]. Інтенсивність трафіку такого генератора буде в межах  $[0, 1]$  і дорівнюватиме ймовірності отримати на виході генератора 1:  $p_1$ .

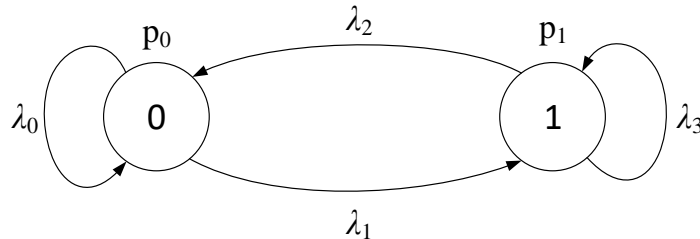


Рис. 2 – Модель генератора фрактального трафіку на основі ланцюга Маркова

Для генератора фрактального бінарного трафіку, який показано на рис. 1, фрактальна розмірність за введеною метрикою  $M$  виражається через ймовірності  $\lambda_1$  та  $\lambda_2$  зміни поточного стану на протилежний наступним виразом [2]:

$$d(\lambda_1, \lambda_2) = 1 - \frac{\lambda_2(1 - \lambda_1)\ln(1 - \lambda_1) + \lambda_1(1 - \lambda_2)\ln(1 - \lambda_2)}{2\lambda_1\lambda_2}. \quad (1)$$

Потік одиничних значень приймає значення в діапазоні  $[0; 1]$ , можна знайти як:

$$\tau = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2}. \quad (2)$$

Для імітування реальної бінарної послідовності, достатньо оцінити ймовірності  $\lambda_1$  та  $\lambda_2$ . Для імітування трафіку через значення потоку  $\tau$  та фрактальну розмірність  $d$  потрібно відшукати ймовірності  $\lambda_1$  та  $\lambda_2$  які є невідомими. Тому сформовано наступну задачу:

Проведено експерименти для визначення впливу фрактальної розмірності трафіку при його інтенсивності 0.7 на кількість втрачених пакетів. Результати наступні. Найменше втрачених пакетів спостерігалось, коли трафік був випадковим, або мав слабо виражені тренди. Зокрема, при фрактальній розмірності 1.5 втрат найменше, також мало втрачених пакетів було при фрактальних розмірностях 1.37 та 1.75. При сильно виражених трендах було виявлено, що найбільше втрат мережевих пакетів відбувається при персистентному трафіку, та менше при антиперсистентному трафіку. Але втрати пакетів при антиперсистентному трафіку починаються значно раніше, ніж при персистентному.

#### Список посилань

1. Barabási A.-L., Albert R. (1999), “Emergence of scaling in random networks”, Science, Vol. 286, No. 5439, P. 509-512, available at: <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
2. Drieieva H., Drieiev O., Meleshko Ye., Yakymenko M., Mikhav V. (2022), “A method of determining the fractal dimension of network traffic by its probabilistic properties and experimental research of the quality of this method”, CEUR-WS, Vol. 3171, Gliwice, Poland, P. 1694-1707, available at: <http://ceur-ws.org/Vol-3171/paper120.pdf>
3. Meleshko Ye., Raskin L., Semenov S., Sira O. (2019), “Methodology of probabilistic analysis of state dynamics of multi-dimensional semi-Markov dynamic systems”, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 6, No. 4(102), pp. 6-13, available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85078054250&origin=resultslist>



УДК 004.9

Ткачук Р.О., аспірант  
Шуліка Я.П., аспірант  
Шимко С.В., аспірант

Мелешко Є.В., докт. техн. наук, професор

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький,  
elismeleshko@gmail.com

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ КІБЕРЗАГРОЗ ПРИ АНАЛІЗІ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ

Метою роботи було дослідження методів застосування нейронних мереж для виявлення інформаційних атак на комп'ютерні мережі шляхом аналізу мережевого трафіку.

Як показало дослідження, для аналізу мережного трафіку та виявлення аномалій або інформаційних атак можна використовувати нейронні мережі, які здатні моделювати часові та просторові залежності в даних, зокрема, багатошарові нейронні мережі (MLP) [1], рекурентні нейронні мережі (RNN) [2, 3], згортково-рекурентні мережі (CRNN) [4], графові нейронні мережі (GNN) [5, 6].

*Багатошарові нейронні мережі прямого поширення* – мережі, у яких сигнал поширюється в одному напрямку – від входу до виходу, навчання – на основі градієнтного спуску. Можуть використовуватися для аналізу часових рядів мережевого трафіку.

*Рекурентні нейронні мережі* – мають пам'ять і можуть аналізувати послідовності. Високоєфективні в аналізі часових рядів з нестационарною структурою та динамікою.

*Згорткові нейронні мережі* – використовують локальний з'єднуючий шар і фільтри для отримання ознак із даних. Знаходять довгострокові залежності в часових рядах та швидко навчаються. *Рекурентно-згорткові нейронні мережі* – це комбінація рекурентних та згорткових мереж яка може моделювати складні нелінійні залежності та знаходити високорівневі ознаки у часових рядах мережевого трафіку.

*Графові нейронні мережі* – можуть враховувати топологічну структуру комп'ютерної мережі та взаємозв'язок між вузлами та ребрами, що може підвищити точність виявлення аномалій, атак або вторгнень, можуть витягувати приховані ознаки з сирих даних трафіку, такі як пакети, потоки або сесії, без необхідності ручної інженерії ознак.

Аналіз мережного трафіку за допомогою нейронних мереж для виявлення інформаційних атак потребує таких кроків:

1. *Попередня обробка даних.* Мережевий трафік є потоком пакетів, які мають різні параметри, такі як IP-адреси, порти, протоколи тощо. Для аналізу цих даних необхідно перетворити їх на числові або категоріальні ознаки, які можуть бути подані на вхід нейронної мережі. Наприклад, можна використати швидке кодування (one-hot encoding) для категоріальних ознак або нормалізацію для числових ознак. Також можна використати методи відбору ознак для зменшення розмірності даних та усунення шуму чи надмірності.

2. *Вибір архітектури нейронної мережі.* Залежно від характеру даних та мети аналізу можна вибрати різні типи нейронних мереж, наприклад, багатошаровий перцептрон (MLP), рекурентну нейронну мережу (RNN), згорткову нейронну мережу (CNN), графову нейронну мережу (GNN) тощо. Кожен тип нейромережі має свої переваги та недоліки, а також специфічні параметри. Є доцільним для конкретної задачі спробувати та порівняти різні нейромережі у процесі навчання і тестування, і тільки після обрати найкращу для неї.

3. *Навчання нейронної мережі.* Для навчання нейромережі необхідно розділити дані на навчальну, валідаційну та тестову вибірки. Навчальна вибірка використовується для налаштування ваг нейромережі за допомогою алгоритму навчання, такого як стохастичний градієнтний спуск (SGD) або адаптивний градієнтний спуск (Adam). Валідаційна вибірка використовується для перевірки якості навчання та регуляризації моделі, наприклад, за

допомогою ранньої зупинки (early stopping) або методу відсіву (dropout). Тестова вибірка використовується для оцінки якості роботи мережі на нових даних.

4. *Оцінка та інтерпретація результатів.* Для оцінки результатів аналізу мережного трафіку можна використовувати різні метрики та засоби, такі як точність (precision), повнота (recall), F-мера, ROC-крива тощо. Це дозволяє виміряти, наскільки добре модель здатна класифікувати трафік на нормальний та аномальний, виявляти різні типи атак. Для інтерпретації результатів можна використовувати різні методи візуалізації чи пояснення роботи моделі, наприклад, методи важливості ознак чи локальних апроксимацій. Вони дозволяють зрозуміти, які ознаки чи частини даних впливають на рішення моделі і чому.

Нейромережі можуть виявляти складні залежності у часових рядах трафіку і здатні знаходити закономірності та ознаки, що дозволяють розпізнавати інформаційні атаки. Різні типи нейромереж мають свої переваги і недоліки для аналізу мережевого трафіку.

Багатошарові нейромережі прямого поширення прості і універсальні, але не можуть ефективно моделювати складні нелінійні залежності і не мають довгострокову пам'ять для аналізу часового ряду. Рекурентні нейромережі є потужними засобами для обробки послідовностей даних, але вони складні у побудові і тренуванні і схильні до перенавчання і зникання градієнтів. Згорткові нейромережі ефективні для знаходження закономірностей в сигналах та часових рядах, але вони потребують багато параметрів і обчислювальних ресурсів і не завжди добре підходять для одновимірних часових рядів, адже основне їх призначення – робота з зображеннями. Рекурентно-згорткові нейромережі поєднують переваги обох типів мереж і долають їх недоліки, але вони складні у побудові і тренуванні і потребують налаштування багатьох гіперпараметрів. Графові нейромережі можуть враховувати топологічну структуру комп'ютерної мережі, що підвищує точність виявлення аномалій та інформаційних атак. Але вони обчислювально складні та ресурсозатратні, вимагають великого об'єму навчаючої вибірки. Тому при виборі нейромережі для виявлення атак слід враховувати особливості даних та наявність обчислювальних можливостей. Також слід проводити експерименти і порівняльний аналіз різних типів нейромереж на цільових даних та оцінювати їх якість за допомогою різних метрик.

Нейронні мережі є потужним інструментом для аналізу мережевого трафіку та виявлення кібератак, оскільки вони здатні навчатися та адаптуватися до нових типів загроз. Але вони вимагають передобробки даних, вибору архітектури, навчання та оцінки результатів. Для кожного етапу існують різні методи та параметри, які потрібно підбирати залежно від характеру даних та мети аналізу. Тож, розробникам доводиться багато експериментувати та підбирати потрібну архітектуру і параметри. Також нейронні мережі мають високу обчислювальну складність, необхідність великого обсягу навчальних даних, ризик перенавчання чи недонавчання, складність інтерпретації результатів тощо.

#### Список посилань

1. Wang M., Lu Y., Qin J. A dynamic MLP-based DDoS attack detection method using feature selection and feedback // *Computers & Security*, Vol. 88, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.101645>
2. Sherstinsky A. Fundamentals of recurrent neural network (RNN) and long short-term memory (LSTM) network // *Physica D: Nonlinear Phenomena*, Vol. 404, 2020.
3. Sivamohan S., Sridhar S. S., Krishnaveni S. An effective recurrent neural network (RNN) based intrusion detection via bi-directional long short-term memory // *In 2021 international conference on intelligent technologies (CONIT)*, IEEE, 2021, pp. 1-5.
4. Liu H., Lang B., Liu M., Yan H. CNN and RNN based payload classification methods for attack detection // *Knowledge-Based Systems*, Vol. 163, 2019, pp. 332-341.
5. Scarselli F., Gori M., Tsoi A. C., Hagenbuchner M., Monfardini G. The Graph Neural Network Model // *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 20, Issue 1, 2009, pp. 61-80.
6. Zhang B., Li J., Chen C., Lee K., Lee I. A Practical Botnet Traffic Detection System Using GNN // *In: Meng, W., Conti, M. (eds) Cyberspace Safety and Security, CSS 2021. Lecture Notes in Computer Science()*, vol. 13172, Springer, Cham, 2022, doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94029-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94029-4_5)

УДК 004.8

Костюк Ю.В., старший викладач  
Степашкіна К.В., асистент

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, kostyuk.yu@ukr.net

## МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЗАХИСТОМ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

На сучасному етапі розвитку інформаційно-комунікаційних систем здійснюється їх інтеграція в єдині системи і, зокрема, продовжується інтенсивний розвиток єдиної інформаційно-телекомунікаційної системи як науково-технічної та функціональної бази для реалізації концепції інформатизації, одна із стратегій якої полягає у створенні єдиного інформаційного простору. Більшість автоматизованих систем обробки інформації, в тому числі і автоматизовані інформаційні системи, і єдині автоматизовані інформаційні системи, і підсистеми комплексної автоматизованої інтелектуальної системи характеризуються інформаційною розподіленістю, семантичною доступністю для інформаційного впливу, різним рівнем складності структурної організації. Вони визначають безліч технологічних процесів обробки інформації, безліч подій та станів, які не завжди можуть бути чітко формалізовані, виразно та повно описані у вигляді семантичних правил реагування. Це створює передумови загострення інформаційного протистояння на якісному новому рівні. У зв'язку з цим забезпечення інформаційної безпеки (ІБ) на рівні взаємодії інформаційно-комунікаційних систем, їх хостів та мережевої інфраструктури є одним із важливих завдань при оптимальному розподілі ефективного функціонування систем захисту.

Для успішного використання сучасних інформаційних технологій необхідно ефективно керувати не лише мережею, а й системою захисту інформації (СЗІ), при цьому на рівні сегмента інформаційно-телекомунікаційної системи має працювати система, здатна оптимізувати захищеність інформаційно-комунікаційного середовища сегмента підприємства та мінімізувати загальну шкоду при порушеннях ІБ. Для цього буде потрібно створення систем та моделей управління подіями інформаційної безпеки, спрямованих на ідентифікацію загроз, активацію необхідних механізмів захисту, які враховують структуру створюваної СЗІ певної інформаційно-комунікаційної системи підприємства, здатної до навчання та адаптації в нечітких умовах функціонування [1, 2].

Важливим чинником є розробка та вдосконалення моделей управління захистом інформації у сегменті інформаційно-комунікаційної системи підприємства для вирішення задачі забезпечення необхідного рівня інформаційної безпеки протягом життєвого циклу системи захисту інформації в умовах невизначених шкідливих дій з використанням інтелектуальної підтримки прийняття рішень. Для вирішення проблеми необхідно: проаналізувати існуючі сучасні системи управління захистом інформації та особливості їх застосування під час реалізації єдиної системи інформаційної безпеки в умовах інформатизації; розробити моделі загроз інформаційній безпеці для побудови систем управління захистом інформації у сегменті інформаційно-комунікаційної системи підприємства, що забезпечує ефективне оперативне управління за умов невизначеності стану інформаційного середовища; розробити алгоритм оцінки рівня захищеності інформаційно-комунікаційної системи та ефективності системи управління захистом інформації у сегменті інформаційно-комунікаційної системи підприємства; розробити модель та алгоритм функціонування адаптивної інтелектуальної системи управління захистом інформації на основі нейро-нечіткої побудови мереж, теорії нечіткої логіки та множин. Алгоритм функціонування моделі, що відрізняється блоковою структурою адаптивної системи захисту інформації комплексної автоматизованої інтелектуальної системи демонструє етапи навчання нечітких нейронних та нейро-нечітких мереж для класифікації необхідних механізмів захисту та ідентифікації невідомих загроз [2].

Отже, нечіткі нейронні мережі можна розглядати як елементи моделі інтелектуальної системи управління захистом інформації. В ієрархічній побудові структури інтелектуальної моделі системи управління захистом інформації інформаційно-телекомунікаційної системи, заснованої на нейронечітких мережах, інтелектуальні інформаційні системи та системи інтелектуального управління використовують з метою вдосконалення інформаційних технологій для забезпечення антитерористичної та протикримінальної захищеності [3]. Структурно-функціональна схема алгоритму формування моделі адаптивної інтелектуальної системи захисту інформації та її покрокове виконання, використовуючи як нечіткі посилки вектори вхідних ознак атак внизу ієрархії СЗІ, реалізують механізм побудови системи нечітких продукційних правил для ідентифікації загроз. На верхньому рівні ієрархії захисту для кожного рівня багаторівневої СЗІ вирішується задача класифікації механізмів захисту (нечіткі висновки) по вектору нечітких ознак загроз, для нейтралізації наслідків яких механізми захисту призначені (механізм системного знищення програм, механізм блокування доступу до ресурсу, механізм зниження пріоритету користувача, механізм ідентифікації та аутентифікації тощо) певного рівня багаторівневої СЗІ [2, 3].

Активний розвиток інформатизації та обумовлене цим процесом значне зростання відомчих інформаційних активів підприємства, у тому числі конфіденційного характеру, вимагає ухвалення адекватних та своєчасних рішень щодо нарощування потенціалу системи захисту інформації в галузі протидії загрозам інформаційної безпеки, що зростають у міру інтенсифікації розвитку інформаційних технологій [4]. Актуалізація заходів на адміністративному рівні забезпечення інформаційної безпеки, складається з таких заходів: організація комплексу заходів щодо захисту від комп'ютерних атак на критично важливі сегменти інформаційної інфраструктури підприємства; розробка комплексу заходів щодо забезпечення інформаційної безпеки та захисту даних інформаційних систем з урахуванням «хмарної архітектури»; застосування ефективних механізмів захисту від несанкціонованого доступу під час створення повномасштабної системи доступу різних категорій користувачів системи до інформаційних активів, включаючи впровадження у діяльність системи мобільного захищеного віддаленого доступу до інформаційних ресурсів; розробка програмно-технічного рішення щодо забезпечення комплексного захисту інформації [3, 4].

Все це дозволяє реалізувати новий рівень розвитку системи інформаційної безпеки підприємства, перейти на сучасний етап функціонування єдиної системи інформаційної безпеки інформаційно-комунікаційних систем підприємства та створити надійну адаптивну систему, здатну до навчання при різних інформаційних впливах, що мають ознаки шкідливих атак, які найчастіше досить складно формалізувати, чітко і однозначно математично описати. Алгоритмічні схеми, структура та моделі побудови адаптивної системи управління захистом інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі, а також математичний апарат нейро-нечіткого опису у вигляді правил продукції, які адекватно відображають отримані результати та дозволяють створити ефективну модель управління подіями інформаційної безпеки однієї з інформаційно-комунікаційних систем підприємства.

#### Список посилань

1. Технології захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах [Електронний ресурс]: навчальний посібник / А. В. Жилін, О. М. Шаповал, О. А. Успенський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 213 с.
2. Бурячок, В. Алгоритм оцінювання ступеня захищеності спеціальних інформаційно-телекомунікаційних систем / В. Л. Бурячок // Захист інформації. НАУ. - К. –2011. – №3. – с. 1-9.
3. Системний аналіз та прийняття рішень в інформаційній безпеці: підручник. / В.Л. Бурячок, С.В. Толюпа, А.О. Аносов, В.А. Козачок, Н.В. Лукова-Чуйко. – К.: ДУТ, 2015. – 345 с.
4. Соколов В.Ю. Інформаційні системи і технології: навч. посіб. / В.Ю. Соколов. – К.: ДУІКТ, 2010. – 138 с.

УДК 681.5.015:622.691.4

Данило О.М., магістрант  
Фешанич Л.І., канд. техн. наук, доцент  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
orest.danylo-akpm223@nung.edu.ua

## СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІДЦЕНТРОВОГО НАГНІТАЧА ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Під час роботи газоперекачувальних агрегатів (ГПА) виникають рівні звукових сигналів до 200 Па (140 дБ) і вище. Ці рівні звукових тисків призводять до неправильної роботи вимірювальної апаратури і є першою ознакою можливого руйнування ГПА, так як передпомпажні та помпажні явища в ГПА супроводжуються підвищенням звукового тиску. Це висуває важливу задачу контролювання рівнів звукового тиску для урахування шкідливого впливу акустичного шуму ГПА і діагностування передпомпажного стану [1].

Детальний аналіз найбільш поширених інтелектуальних методів оброблення інформації визначив, що адаптивна нейро-нечітка система виводу володіє, в порівнянні з іншими методами, високою швидкістю навчання, простотою алгоритму та оптимальної опрацьованості програмного забезпечення в системі математичного моделювання MatLab.

Процес створення нейро-нечіткої адаптивної системи можна умовно розділити на такі етапи: оброблення вхідних даних, розроблення системи, перевірка системи.

Як вхідні дані використано дані про зміну в часі звуку на вході в ГПА, на тілі і на виході з ГПА, отримані на працюючому агрегаті з використанням акустичного сенсору SITRANS AS 100 фірми SIEMENS. Отримані параметри, будуть використані як вхідні сигнали, а їх сума – в якості вихідного параметра.

Використано методику створення нечіткої нейронної мережі ANFIS [2] з метою прогнозування роботи газоперекачувального агрегату.

На першому етапі проведено завантаження навчальної вибірки: в області завантаження даних (LoadData) вибір типу даних, наприклад, навчальна вибірка (Training).

Для створення вихідної системи нечіткого логічного висновку в області генерування (Generate FIS) здійснено:

- вибір способу створення системи - генерування системи за методом решітки (Grid partition), без кластеризації (метод Sub. Clustering використовується для побудови систем з функціями кластеризації);

- введення кількості термів для кожної вхідної змінної у вікні введення параметрів - одна вхідна змінна, яка має чотири терми;

- введення типу функцій належності для вхідних і вихідних змінних у вікні введення параметрів - вхідні параметри мають дзвоноподібну функцію належності (gbellmf); вихідний параметр - лінійний.

Наступним етапом є виконання навчання мережі в області навчання (Train FIS), а саме:

- вибір методу оптимізації (Optim. Method) - гібридний метод, який об'єднує метод зворотного поширення помилки з методом найменших квадратів (hybrid);

- завдання поля необхідної точності навчання (Error tolerance) - 0;

- поле завдання кількості ітерацій навчання (Epochs) - 5 epochs;

- запуск режиму навчання (TrainNow).

Результати навчання нейро-нечіткої адаптивної системи наведено на рисунку 1.

Після проведеного навчання системи необхідно здійснити тестування нечіткої системи з виведенням результатів в область візуалізації: в області тестування (Test FIS) вибору вибірки, запуск тестування (TestNow).

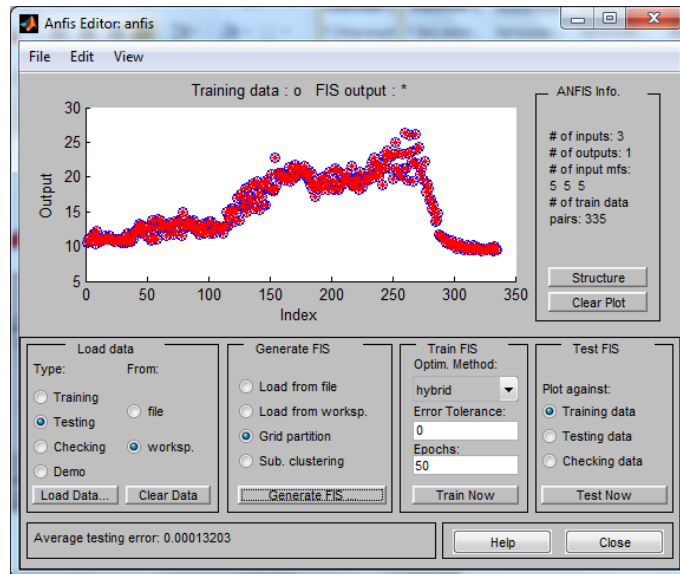


Рис. 1 – Результати навчання нейро-нечіткої адаптивної системи

На основі статистичних вибірок експериментальних даних згенеровано структуру нейро-нечіткої мережі та продукційну модель знань. Структура нейро-нечіткої мережі, в якій відображено основні зв'язки показана на рисунку 2.

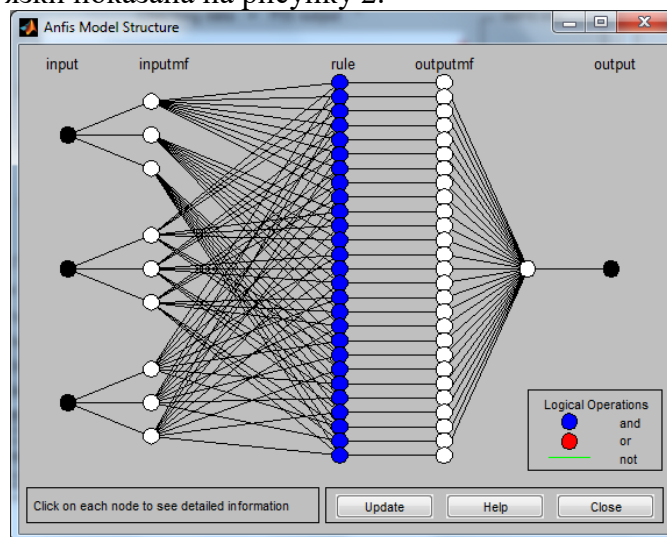


Рис. 2 – Основні зв'язки в структурі нейро-нечіткої мережі

Останнім етапом є завантаження вибірки для тестування у редактор та перевірка створеної системи. Максимальна похибка при перевірці склала 0,00097.

Застосування такого методу може покращити продуктивність системи оцінювання поточних значень в декількох напрямках, таких як точність, надійність і робастність. Перенесення цієї технології, безумовно, підвищить можливості системи контролю і регулювання та її швидкодію. При побудові нейронечіткої системи виконано дослідження можливих структур і обрано систему з використанням алгоритму Такгі-Сугено. Така система відрізняється своєю простотою й дозволяє обробляти інформацію в online режимі в міру її надходження.

#### Список посилань

1. Гіренко С. Г. Автоматичне антипомпажне регулювання відцентрового нагнітача дотискувальної компресорної станції : автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.13.07. Івано-Франківськ, 2010. 20 с.
2. Пахомова В. М. Розробка підсистеми оперативного прогнозування простоїв прибуваючих поїздів на основі ANFIS-системи [Електронний ресурс]. Режим доступу : URL : <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/133456789/3158>.



УДК 004.056

Савченко Т.В., канд. техн. наук, доцент  
Власенко Л.О., канд. техн. наук, доцент  
Васильєва В.Ю., студентка

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [sv\\_t@ukr.net](mailto:sv_t@ukr.net)

## КВАНТОВЕ ШИФРУВАННЯ ДАНИХ ЯК МЕТОД ЗАХИСТУ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ

Шифрування є важливим методом захисту даних від несанкціонованого доступу. Шифрування застосовують для захисту даних, які передаються через Інтернет або зберігаються на комп'ютері.

Шифрування працює за допомогою алгоритмів шифрування, які перетворюють дані з одного формату в інший. Існує багато різних методів шифрування, включаючи симетричне та асиметричне шифрування. У симетричному шифруванні використовується один і той же ключ для шифрування та розшифрування даних. У асиметричному шифруванні використовуються два ключі – один для шифрування, а інший для розшифрування.

Квантове шифрування – це метод забезпечення безпеки комунікації, який використовує принципи квантової механіки та квантові біти для захисту даних і передачі конфіденційної інформації. Квантові біти використовуються замість класичних бітів для забезпечення безпеки даних. Звичайні біти мають значення 0 або 1, тоді як квантові біти можуть мати значення 0, 1 або будь-яке інше значення між ними. Це дозволяє квантовим бітам забезпечити більш високий рівень безпеки.

На відміну від класичного шифрування, яке базується на математичних алгоритмах, квантове шифрування використовує фізичні властивості частинок, таких як фотони, для забезпечення безпечної комунікації. Квантове шифрування використовує два види квантових бітів – «поляризовані фотони» та «єдиний квантовий біт». Поляризовані фотони використовуються для передачі даних між користувачами, тоді як єдиний квантовий біт використовується для генерації ключа шифрування.

Основний принцип квантового шифрування полягає в тому, що будь-яка спроба перехоплення квантових частинок призведе до їх зміни, що буде помітно для відправника та отримувача повідомлення [1]. Це дозволяє виявити будь-яку спробу зламати криптографічний протокол і запобігти розкриттю конфіденційної інформації. Процес квантового шифрування складається з наступних кроків, що наведено на рис. 1.

Генерація ключа – відправник і отримувач генерують пару ключів – публічний і приватний. Публічний ключ відомий всім користувачам, а приватний ключ відомий тільки відправнику і отримувачу.

Підготовка квантового каналу зв'язку – відправник і отримувач встановлюють квантовий канал зв'язку, який забезпечує передачу квантової інформації між ними.

Відправлення ключа – відправник генерує послідовність квантових бітів, які відправляються по квантовому каналу зв'язку до отримувача.

Оцінка безпеки ключа – отримувач виконує вимірювання кожного квантового біта. Якщо вимірювання не порушує безпеку ключа, то відправник і отримувач використовують цей ключ для шифрування та дешифрування повідомлень.

Квантове шифрування – відправник використовує ключ для шифрування повідомлення, яке він хоче надіслати отримувачу. Шифроване повідомлення відправляється по класичному каналу зв'язку.

Квантове розшифрування – отримувач використовує власний ключ для розшифрування повідомлення, яке він отримав від відправника. Розшифроване повідомлення стає доступним для отримувача.

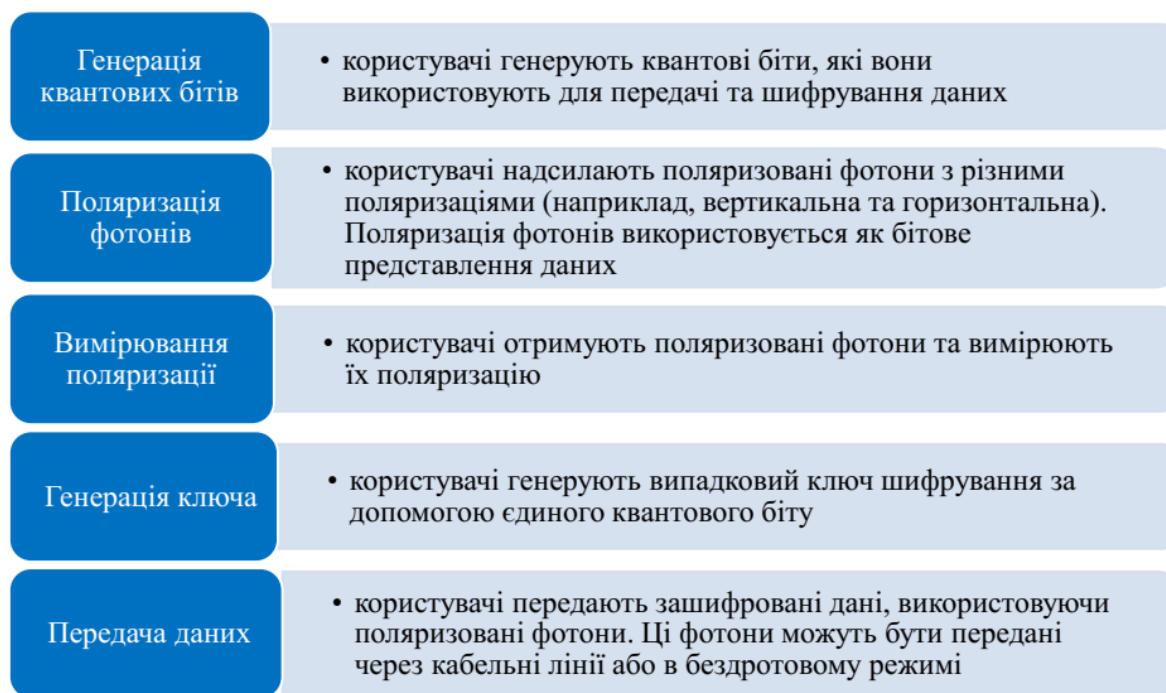


Рис. 1 – Процес квантового шифрування

Однією з найбільших переваг квантового шифрування є високий рівень безпеки та надійності. Квантове шифрування забезпечує теоретично непереборний захист від атак та від віддаленого перехоплення даних, що дозволяє користувачам захистити свої дані від несанкціонованого доступу [2]. Крім того, квантове шифрування дозволяє виявити будь-яку спробу перехопити інформацію, оскільки це призводить до руйнування квантової структури інформації. Також забезпечується високий рівень конфіденційності, оскільки неможливо зламати зашифровану інформацію, якщо невідомий ключ шифрування. Масштабованість дозволяє застосовувати квантове шифрування для захисту від несанкціонованого доступу до інформації в різних галузях, включаючи інтернет-безпеку, зв'язок, фінанси тощо.

Однак, квантове шифрування має також деякі недоліки. Однією з них є складність реалізації квантових технологій. Крім того, квантове шифрування вимагає спеціалізованого дорогого обладнання. Квантові системи мають обмежену дальність передачі, оскільки при передачі на довгі відстані вони втрачають точність. Крім того, квантові системи вимагають фізичного зв'язку між відправником і отримувачем, що може бути складним в реалізації.

Отже, квантове шифрування може бути ключовою технологією для майбутнього розвитку інформаційної безпеки, оскільки воно може захистити інформацію від нових інформаційних загроз, які можуть виникнути в майбутньому. Цей метод забезпечує високий рівень безпеки, що гарантує захист від криптоаналітичних атак та віддаленого перехоплення даних [3]. Однак, квантове шифрування має свої недоліки, такі як складність реалізації та висока вартість обладнання. Незважаючи на це, квантове шифрування є одним з найбільш перспективних методів захисту даних в майбутньому, проте, квантові криптосистеми все ще не досконалі і потребують подальшої розробки та вдосконалення.

#### Список посилань

1. Квантовий зв'язок у дії – опис, особливості та цікаві факти. Основи квантової криптографії // Олександр Пушкаш. – 2022. – URL: <https://hiddenshell.ru/uk/kvantovaya-svyaz-v-deistvii---opisanie-osobennosti-i-interesnye-fakty/>
2. Засоби та методи захисту інформації. – URL: <https://buklib.net/books/28625/>
3. Квантова криптографія. – URL: <https://wfoojjaec.eu.org/uk/projects/news/2019-03-11-quantum-cryptography-demystified-how-it-works-in-plain-language.html>.

УДК 004.056

Савченко Т.В., канд. техн. наук, доцент

Шевченко С.В., студентка

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [sv\\_t@ukr.net](mailto:sv_t@ukr.net)

## ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ ЗАХИСТУ ВІД РОСІЙСЬКОЇ КІБЕРАГРЕСІЇ

З 2014 року Україна стала однією з головних цілей російської кіберагресії. Особливо ситуація загострилася з початком повномасштабного вторгнення. Росія активно веде інформаційну війну проти України, використовуючи кіберзброю та дезінформацію. Україна відчула на собі, як кібератаки можуть завдати серйозної шкоди економіці та інфраструктурі держави. У цей складний час українські спеціалісти з кібербезпеки відіграють надзвичайно важливу роль у захисті країни. Зокрема, ІТ-фахівці допомагають українській армії та правоохоронним органам виявляти та нейтралізувати кіберзагрози і захищати інформаційні ресурси держави від кібератак. Також вони співпрацюють з міжнародними партнерами та обмінюються досвідом у боротьбі з кіберзлочинністю. Кібератаки впливають на роботу урядових відомств, критичну інфраструктуру, бізнес та на приватних осіб. З боку ворога кібератаки спрямовані на погіршення економічного, військового та соціального стану нашої країни.

Захист від кібернападів став надзвичайно важливим завданням для української влади та підприємств, які опинилися на передовій цієї війни. У своїй боротьбі з російською кіберагресією Україна використовує різноманітні технології та методи кіберзахисту. Одним з найважливіших методів є захист від DDoS-атак, що є одним з найбільш поширених видів кібератак у війні з Росією. Українські експерти з кібербезпеки використовують різні засоби для захисту, такі як фільтри трафіку, перехоплення пакетів і використання хмарних сервісів. Україна також використовує шифрування для захисту конфіденційної інформації. Криптографія є одним з найефективніших методів захисту від кібератак, оскільки вона дозволяє захистити дані, що передаються мережею, від перехоплення та зламу. Українські фахівці з кібербезпеки використовують захист від розповсюдження шкідливих програм, які можуть завдати значної шкоди комп'ютерній мережі. Ще одним їхнім завданням є виявлення та нейтралізація дезінформації, яку поширює Росія. Спеціалісти з кібербезпеки аналізують соціальні мережі та мас-медіа, виявляють фейкові новини та російську пропаганду працюють над забезпеченням широкого доступу до правдивої інформації.

Захист від кібератак у війні з Росією є складною задачею, що вимагає використання комплексного підходу та поєднання різних засобів і методів захисту. Деякі з таких методів передбачають [1]:

1. Захист мереж і систем від кібератак. Здійснюється шляхом використання різних захисних технологій, таких як фаєрволи, системи виявлення вторгнень, системи контролю доступу, шифрування даних.

2. Контроль за доступом до інформації. На рівні користувачів важливо встановлювати політику доступу до різних ресурсів та мереж, забезпечувати достатньо складні паролі та обмеження на використання різних пристроїв.

3. Моніторинг та аналіз кіберзагроз. Для ефективного кіберзахисту необхідно вести моніторинг і аналізувати різні види кіберзагроз, щоб оперативно реагувати на них та уникати можливих наслідків.

4. Створення резервних копій та планів відновлення після кібератак. Це важливо, щоб мінімізувати наслідки таких атак.

5. Підвищення кіберсвідомості серед персоналу. Важливо навчати співробітників компаній та державних структур правилам кібербезпеки та навчати їх виявляти можливі кіберзагрози.

Забезпечення кібербезпеки та впровадження ефективних методів та засобів захисту є надзвичайно важливими для забезпечення безпеки та відновлення нормального функціонування країни.

Українські кіберзахисники використовують спеціальні програми для автоматичного виявлення зловмисних кодів та інших кіберзагроз. Після виявлення таких загроз, експерти проводять їх аналіз, визначають характеристики та видають рекомендації щодо захисту. Для розробки та використання захисту від DDoS-атак, фішингу та інших соціально-інженерних загроз використовуються спеціальні програми, що допомагають відстежувати та блокувати небезпечний трафік [2]. Україна використовує такі технології для захисту від кіберагресії, як захист мережі та даних, резервне копіювання, контроль доступу.

Україна активно використовує військово-кібернетичні вправи для тренування своїх кіберзахисників. Учасники вправ використовують реалістичні сценарії, що допомагають краще реагувати на кіберагресію. Такі вправи допомагають розробляти нові методи та технології захисту. Використовуються різноманітні захисні технології, такі як брандмауери, антивірусні програми та системи виявлення вторгнень. Завдяки цим інструментам вдалося знизити кількість кібератак та уникнути значних збитків.

Окрім захисту від кіберагресії, Україна активно працює над розвитком власних кіберзахисних можливостей та розширенням міжнародного співробітництва в цій сфері. Наприклад, створено Національний кіберцентр з метою координації кіберзахисних заходів та взаємодії з іншими країнами у відповіді на кіберзагрози. Україна активно співпрацює з міжнародними партнерами у сфері кібербезпеки, зокрема з Європейським Союзом, НАТО та США. Ця співпраця дозволяє обмінюватись досвідом та найкращими практиками, отримувати фінансову та технічну підтримку для розвитку кіберзахисту.

Важливою складовою заходів з кібербезпеки є підвищення інформаційної грамотності серед населення та бізнесу. Україна проводить кампанії з освіти населення щодо кібербезпеки, надає рекомендації щодо захисту особистих даних та створення складних паролів.

Україна продовжує покращувати свої заходи з кібербезпеки та відповідно реагувати на кіберзагрози, що дозволяє їй захищати не лише себе, а й бути прикладом для інших країн у боротьбі з цими загрозами.

**Висновки.** Війна України з Росією поставила до кібербезпеки високі вимоги та випробування. Україна використовує передові технології та інновації, щоб захистити себе від російської кіберагресії та забезпечити безпеку своїх громадян. Військові та цивільні спеціалісти працюють над розробкою та впровадженням нових технологій та методів захисту від кібератак. Важливою складовою є співпраця з партнерами з ЄС, НАТО та США, яка дозволяє використовувати досвід та знання від провідних країн у сфері кібербезпеки. Україна активно займається навчанням та тренуванням бійців на передовій у кібербезпеці, що допомагає підвищувати вміння реагувати на кібератаки. Такі заходи дозволяють збільшити рівень кібербезпеки в Україні та зменшити вразливість перед можливими кібератаками.

#### Список посилань

1. Основи кібербезпеки та кібероборони: підручник / Ю.Г. Даник, П.П. Воробієнко, В.М. Чернега. – [Видання друге, перероб. та доп.]. – Одеса.: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2019. – 320 с.
2. Інформаційна та кібербезпека: соціотехнічний аспект: підручник / В.Л. Бурячок, В.Б. Толубко, В.О. Хорощко, С.В. Толюпа. – Львів: «Магнолія 2006», 2018. – 320с.

УДК 621:31

Єщенко О.І., канд. техн. наук, доцент  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
doc44ent@gmail.com  
Єщенко С.О., IT фрілансер, yess.gbox@gmail.com

## АВТОНОМНА ЕНЕРГОСИСТЕМА ПРИВАТНОГО ЖИТЛОВОГО СЕКТОРУ

Сучасний стан енергопостачання в країні характеризується кризовими явищами і у деяких випадках наближаються до блекауту (невеликі міста та сільська місцевість).

Для автономності енергозабезпечення в приватному житловому секторі важливо мати альтернативні системи електро/тепло-постачання здатні працювати навіть при тривалому відключенні електроенергії, або відключенні газу та води. Одним із підходів до комплексного вирішення проблеми є застосування локальних систем з інтегруванням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), устаткування для накопичення та зберігання енергії, резервних генераторів. Локальна енергетична система- це система для передачі енергії в місці споживання, або в безпосередній близькості до нього, з максимальним використанням відновлювальних/альтернативних і місцевих джерел енергії. Для розробки конкретних проектів таких систем доцільно застосувати актуальні концепції, які спрямовані на розвиток і модернізацію децентралізованої енергетики - системи під назвою Microgrid і системи під назвою «розумний будинок» [1].

Microgrid – концепція локальної енергетичної систем, яка можуть працювати як спільно з централізованою енергосистемою регіону, так і автономно. Ключовим моментом таких систем є децентралізація управління завдяки локальним мережевим вузлам, сучасним системам контролю з енергомоніторингом за розподілом та споживанням енергоресурсів.

Структурна схема локальної енергосистеми з основними компонентами показана на рис. 1.

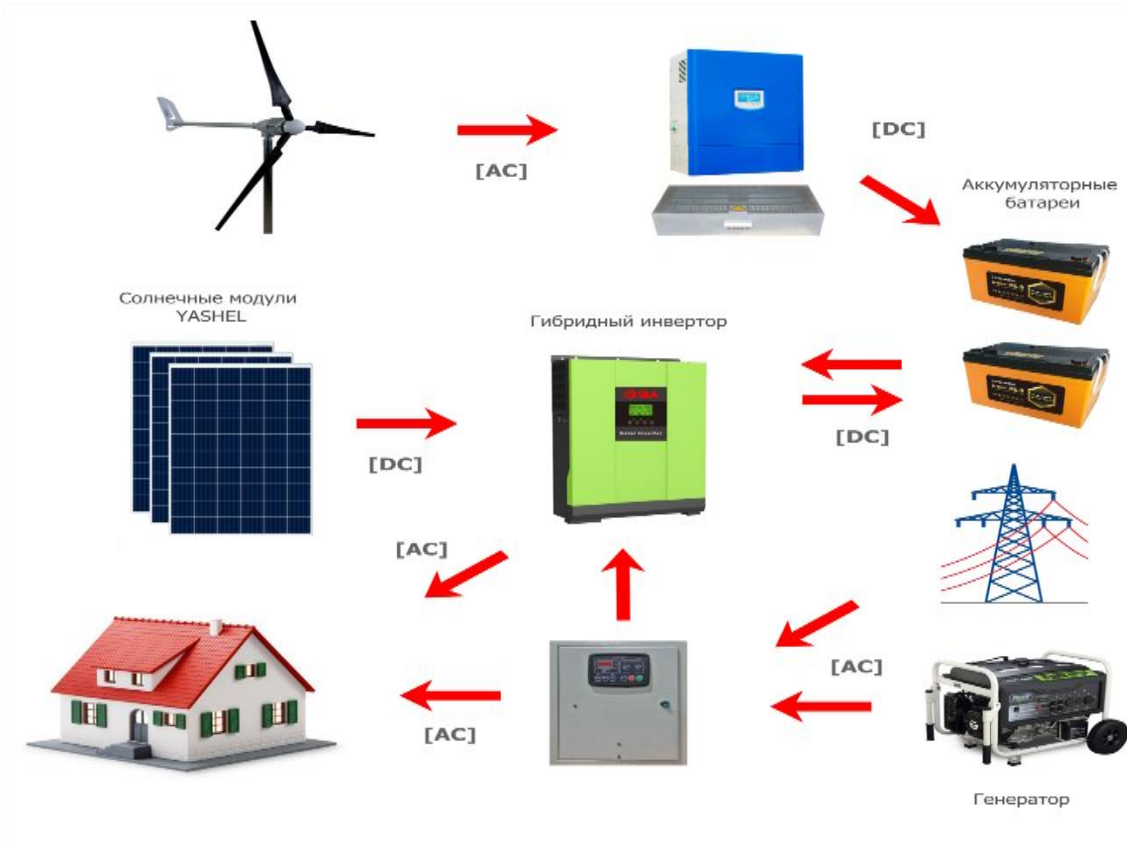


Рис. 1 – Схема автономної локальної енергосистеми

Розумні будинки – це будинки, в яких використовуються інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) та Інтернет речей (ІоТ) для підвищення комфорту, зручності, безпеки та енергоефективності.

Управління енергією - розумні будинки оснащені системами керування енергією, які відстежують і контролюють споживання енергії. Елементами є розумні лічильники, які надають інформацію про споживання енергії в реальному часі, і розумні розетки, які можуть вимикати пристрої, коли вони не використовуються.

Датчики та пристрої - різні датчики та пристрої можна використовувати для моніторингу та керування різними аспектами дому, такими як температура, вологість, освітлення та безпека. Ці пристрої можна підключити до Інтернету та дистанційно керувати ними за допомогою смартфона або іншого пристрою, підключеного до Інтернету.

Помічники - такі як, Amazon Alexa або Google Home, можна використовувати для керування різними пристроями в домі за допомогою голосових команд. Вони також можуть надавати таку інформацію, як погода, новини та оновлення дорожнього руху. Управління енергією - розумні будинки також можуть включати системи керування енергією, які відстежують і контролюють споживання енергії. Це може включати розумні лічильники, які надають інформацію про споживання енергії в реальному часі, і розумні розетки, які можуть вимикати пристрої, коли вони не використовуються.

Деякі з найпоширеніших технологій ІоТ включають хмарні обчислення, бездротові сенсорні мережі (WSN), радіочастотну ідентифікацію (RFID), мережі та зв'язок, взаємодію між машинами (M2M), системи реального часу (RTS) і підтримку мобільності, серед інших. ІоТ може збирати, поширювати та аналізувати дані для перетворення їх у знання та інформацію.

Важливим моментом при визначенні енергоефективності локальної системи є ступінь рівномірності використання енергоресурсів. Для вирішення цієї проблеми звичайно використовують індекс чутливості Джейна

$$J(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2}, \quad (1)$$

який характеризує ступінь рівномірності розподілу ряду ресурсів між  $n$  споживачами за умов питомого споживання ресурсів  $x_i$ . Результат при цьому змінюється від значення  $1/n$  до  $1$ , причому його максимальне значення відповідає однаковому розподілу ресурсів між усіма споживачами. Цей показник дорівнює  $k/n$ , коли  $k$  споживачів рівномірно користуються ресурсами, а решта  $n-k$  споживачів взагалі не отримують ресурси. Ця метрика ідентифікує ресурси, які недостатньо використовуються, і є чутливою до нетипових режимів споживання. За її допомогою можна вирівняти (а іноді і суттєво скоротити) споживання ресурсів.

Для оцінки економічної ефективності проекту при впровадженні локальної системи можна скористатися формулою:

$$E2 = C3П \times Q3П / B\Sigma \quad (2)$$

де  $C3П$  та  $Q3П$  – ціна та вартість заміщеного умовно палива;

$B\Sigma$  – сумарні приведені витрати за термін служби генеруючого енергетичного об'єкту. Величина  $B\Sigma$  визначається як сума наступних додатків

$$B\Sigma = VB + VE + VP + VTP + VLP + VD + VE.3B \quad (3)$$

де  $VB$ ,  $VE$ ,  $VP$ ,  $VTP$ ,  $VLP$ ,  $VD$  – приведені затрати на будівництво генеруючого енергооб'єкту, його експлуатацію протягом терміну служби, на паливо, транспорт, лінії електропередач і додаткові витрати;

$VE.3B$  – приведені сумарні витрати на компенсацію екологічного збитку.



Величина  $C3П \times Q3П = EP$  – визначає економічну ефективність від заміщення палива.

#### Список посилань

1. Єремєєв І.С. Енергозбереження в житлово-комунальному господарстві: навч.-метод. посібник/ І.С. Єремєєв, О.І. Єщенко. – Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2021. – 352 с.

УДК 004.056.5

**Клим В.Ю., канд. техн. наук, доцент**

Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро, [v0123klim@gmail.com](mailto:v0123klim@gmail.com)

**Катан В.О., канд. фіз.-мат. наук, доцент**

Дніпровський національний університет імені О. Гончара

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КІБЕРОХОРОНИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМИ ДРОНІВ

Із допомогою дронів вирішується великий клас прикладних задач, в яких потрібно вести панорамну і динамічну відеозйомку, перевозити компактні і легкі вантажі. Актуальний клас задач по захисту та охороні з використанням БПЛА на сучасному етапі розвитку має тенденцію переходу від приватного сектору до державного, зокрема спрямований на об'єкти критичної інфраструктури (ОКІ) [1, 2].

Під час виконання завдання над територією об'єкта, що охороняється, запускається дрон, який важко побачити навіть удень і практично неможливо виявити вночі. При цьому дрон постійно веде відеозйомку. Вмонтовані відеокамери мають достатні технічні характеристики для того, щоб з висоти близько трьохсот метрів зафіксувати незаконне переміщення навіть однієї людини на території, що охороняється. Сучасні дрони здатні підтримувати надійний зв'язок від 5 до 10 км в залежності від конкретної моделі. Досить часто об'єкт критичної інфраструктури займає досить велику площу. А чим більше площа у промислового, логістично-складського або сільськогосподарського комплексу, тим більше людських ресурсів потрібно задіяти для її охорони. Крім того, охорона великої площі традиційними засобами вимагає залучення великої кількості охоронців для виконання патрулювання. Така система охорони, навіть тільки периметра, за певних умов (наявність великої кількості споруд, складна геометрія периметру, можлива наявність вибухових предметів, тощо) вимагає додаткових фінансових затрат, пов'язана з ризиком для життя та здоров'я, залежить від людського фактору. Охорона території об'єкта за допомогою дронів дозволяє істотно знизити ризики та зберегти людський ресурс без втрати рівня захищеності ОКІ [3, 4].

У роботі [5] авторами розглянуто математичну модель системи забезпечення захисту та безпеки об'єктів критичної інфраструктури, в якій переміщення декілька дронів відбувається автоматично, при цьому управління системою засноване на виконанні жадібного алгоритму. Надано опис постановки задачі, в якій виділено опис власне компонент системи, їх динамічні характеристики та параметри функціонування, взаємодії, опис основних умов та співвідношень для жадібного алгоритму.

Вперше для класу задач по захисту та охороні ОКІ запропонована багаторівнева модель мультисистеми дронів, яка виконує функції безперервного відеоспостереження за відкритою територією ОКІ разом з розташованими на ній спорудами, що охоплює велику площу, або у разі важкодоступності деяких ділянок території внаслідок складного розташування наземних споруд, їх часткового або повного руйнування або потенційної вибухонебезпечності (наприклад, витік газу або мінування).

В моделі передбачено розташування станцій підзарядки на висоті, що відповідає рівню польоту дронів (наприклад, на даху наземної споруди), яке скоротить перерви у робочому

режимі кожного з них. Крім цього, станції, що працюють на сонячній енергії [6], вирішують проблему автономності енергозабезпечення системи дронів загалом.

У роботі зроблено деякі припущення щодо можливого руху кожного дрону: переміщення дрону за вертикальною складовою незначно порівняно з відстанню до станції; в ідеальному випадку дрон переміщується вздовж горизонтальної поверхні. При цьому у фізичній моделі вплив метеорологічних умов – вітру, крапель дощу або температури – не враховується. Додатково в моделі обумовлена відсутність будь-яких перешкод при переміщенні дрону горизонтальною площиною.

Поставлена математична задача відноситься до оптимізаційних задач за часом і простором. При цьому процес пошуку оптимального рішення потребує великого обсягу обчислень, який далеко не завжди має хорошу збіжність. Використання запропонованої моделі жадібного алгоритму передбачає отримання рішення максимального покриття у разі рівномірного розташування точок початкового руху дронів. Крім того наявність у системі кількох рівнів (висот) польоту дронів допомагає розділити поставлену задачу на декілька: на рівні, який контролює найменшу кількість ділянок, збіжність рішення буде найбільшою.

В роботі наданий детальний аналіз запропонованої математичної моделі та перспективи розвитку роботи. Зокрема деякі дрони (рівні дронів) можуть виконувати захисну функцію для ОКІ за наявності корисної маси. Представлена модель має перспективи свого розвитку в подальших роботах, пов'язаних із визначенням оптимальної кількості станцій підзарядки, розташуванням станцій підзарядки на кожному заданому рівні польоту дронів, відстеженням заряду батареї та маси кожного дрону, тощо.

Таким чином запропонована модель показує принцип функціонування системи управління та контролю доступу на об'єкті критичної інфраструктури, що займає велику площу, у вигляді мультисистеми дронів, управління якою реалізується через використання жадібного алгоритму. Показано, що така система має низку експлуатаційних переваг: здійснення контролю за рухом дронів не залежить від людського чинника, під час контролю більшої частини об'єкта критичної інфраструктури задіяна мінімальна кількість людського ресурсу.

#### Список посилань

1. UgCS Commander: Manage multiple UAVs. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ugcs.com/page/ugcs-commander-manage-multiple-uavs> (дата звернення 24.04.2023).
2. Norasma, C., Fadzilah, M. A., Roslin N., Zanariah, Z. W. N., Tarmidi, Z., Candra F S.: Unmanned Aerial Vehicle Applications In Agriculture. 1st South Aceh International Conference on Engineering and Technology. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 506, 012063 IOP Publishing. (2019). doi:10.1088/1757-899X/506/1/012063.
3. Литвиненко В.І., Подоляка С.А., Лісовський П.М. Міжвідомче партнерство: інтерпол та охорона кордону: навчальний посібник. Рекомендовано до друку на засіданні Вченої Ради Міжрегіональної Академії управління персоналом. 2021. 102 с. ISBN: 978-617-520-137-4.
4. Повітряні війни. Безпілотні літальні апарати захопили небо. (2022) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://texty.org.ua/projects/107398/povitryani-vijny-bezpilotni-litalni-aparaty-zahoryly-nebo/> (дата звернення 24.04.2023).
5. Klym V., Tarasenko Yu., Katan V. Modeling the Security of Critical Infrastructure Objects Using a Drone System. Proceedings Book of the International Conference SECS-2022 October 25–26th, 2022. Challenges and Reality of the IT-space: Software Engineering and Cybersecurity 2023. P. 16-27. ISBN: 978-83-7712-049-1. URL: [https://secs.knute.edu.ua/doc/SECS\\_2022.pdf](https://secs.knute.edu.ua/doc/SECS_2022.pdf) (дата звернення 25.04.2023).
6. Du, Yao, Wangy, K., Yangzx, K., Zhang G.: Trajectory Design of Laser-Powered Multi-Drone Enabled Data Collection System for Smart Cities. 2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 09–13 December 2019. Waikoloa, HI, USA (2019). DOI: 10.1109/GLOBECOM38437.2019.9013552.

УДК 004.056.5

Клим В.Ю., канд. техн. наук, доцент  
Жульковська І.І., канд. техн. наук, доцент  
Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро, [v0123klim@gmail.com](mailto:v0123klim@gmail.com)  
Жульковський О.О., канд. техн. наук, доцент  
Дніпровський державний технічний університет, [olalzh@ukr.net](mailto:olalzh@ukr.net)

## ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО УРЯДУ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

На сьогодні організація діяльності органів державної влади розвинутих країн світу неможлива без роботи національних інформаційних систем (ІС) електронних урядів (ЕУ). Метою роботи таких ІС є забезпечення якісного рівня доступу, оперативності та отримання фізичними або юридичними особами державних послуг та інформації про діяльність державних органів. До складових національної інфраструктури ЕУ відносять наступні: Єдиний портал державних та муніципальних послуг; Єдина система міжвідомчої електронної взаємодії; Національна платформа розподіленої обробки даних; Єдина система ідентифікації та аутентифікації в інфраструктурі, яка забезпечує інформаційно-технологічну взаємодію ІС, що застосовують для надання державних послуг в електронній формі; Інформаційна система центрального засвідчувального органу [1, 2]. З лютого 2022 року державні органи України працюють в умовах воєнного стану і тому робота ІС електронного уряду зазнає більшого навантаження разом із підвищенням вимог кібербезпеки.

Управління доступом як механізм контролю, нагляду та спостереження за доступом до інформаційних ресурсів в комп'ютерних системах та мережах набуває пріоритетного значення в умовах надзвичайних ситуацій. Виникнення форс-мажорних обставин зазвичай супроводжується багатьма факторами, які впливають на роботу ІС і до яких відносять наступні: збій енергопостачання, припинення або відсутність мобільного зв'язку, фізичне ушкодження або знищення апаратного обладнання. Наслідки впливу визначених факторів також мають різний масштаб та характер. З боку користувача це відсутність доступу до об'єкту ІС через звичні гаджети – ноутбуки, смартфони, телефони, планшети, збій в роботі встановленого програмного забезпечення, веб-додатків, он-лайн доступу до віддалених баз даних, компонент ІС тощо. Основні проблеми внутрішнього стану ІС складають відновлення працездатності технічного обладнання, програмного забезпечення за мінімальний інтервал часу та перевірка на непошкодженість цілісності та повноти інформаційних ресурсів. Зрозуміло, що робота електронного уряду в умовах надзвичайних ситуацій та воєнного стану на окремих територіях країни особливо важлива для населення, коли порушені певні ланки логістичного сполучення або коли люди вимушені знаходитись поза межами країни. Таким чином, для електронного уряду головною метою у визначених випадках є забезпечення дистанційного постійного захищеного якісного доступу до актуальних державних послуг для більшості верст населення, незалежно від місця знаходження, а також гарантування надійного зберігання національних інформаційних ресурсів, тобто їх цілісності, актуальності, конфіденційності [3, 4, 5].

Одним з основних питань щодо вирішення поставленої задачі постає боротьба із несанкціонованим доступом, як зовнішнім так і внутрішнім, до мережевих ресурсів державних ІС. До прикладів інцидентів зовнішнього несанкціонованого доступу відносять заволодіння сторонніми особами комп'ютерами, ноутбуками, смартфонами, планшетами та (або) вилучення сторонніми особами в усній або електронній формі інформації із логінами та паролями із подальшим використанням для входу до ІС як користувачів. Інцидентами внутрішнього несанкціонованого доступу можна назвати заволодіння сторонніми особами серверами, підключення сторонніми особами до комп'ютерних мереж технічними та

програмними засобами, вилучення сторонніми особами в усній або електронній формі інформації про логіни та паролі адміністратора ІС (комп'ютерної мережі) із подальшим використанням для входу до управління доступом ІС.

Саме через механізми управління доступом визначається рівень авторизації після успішного проходження аутентифікації. Високий ступінь ризику щодо несанкціонованого доступу до конфіденційної інформації суб'єкта під час надзвичайних ситуацій обумовлює встановлення багатофакторного процесу перевірки особистості користувача – аутентифікації [5, 6].

Крім того, для високої вірогідності виникнення форс-мажорних обставин ефективним методом запобігання втрати інформації, як для об'єктів так і для суб'єктів ІС, є застосування резервного копіювання та реплікації інформаційних ресурсів із збільшеним значенням частоти виконання процесу [6, 7, 8]. Це відноситься не тільки до великих обсягів даних, які входять до ІС, наприклад, державні реєстри платників податків, виборців, судових рішень і таке інше, але й до даних про логіни та паролі користувачів. Для фізичних осіб резервне копіювання логінів та паролів можливо виконати не тільки в електронному вигляді, але й на паперовому носії. Для юридичних осіб також роздрукування важливих баз даних та фінансової звітності стане важливим підґрунтям у випадку вирішення спірних питань із контрагентами та податковими органами в умовах форс-мажору та прискорить відновлення діяльності організації в штатному режимі.

Отже, реалізація зазначених вище запобіжних заходів з безпеки інформації підвищує рівень захищеності управління доступом до ресурсів державних ІС, допомагає його скорішому відновленню у робочому режимі, дозволяє суттєво знизити ризики щодо несанкціонованого доступу до конфіденційної інформації суб'єкта та об'єкта, цілісності та повноти інформаційних ресурсів ІС електронного уряду під час надзвичайних ситуацій за мінімальних фінансових витрат.

#### Список посилань

1. Жекало Г. І., Заяць М.Я., Вакун О. В. Сутність та зміст електронного урядування : концептуальний вимір. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2020. №8. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.dy.nayka.com.ua/pdf/8\\_2020/54.pdf](http://www.dy.nayka.com.ua/pdf/8_2020/54.pdf) (дата звернення 04.04.2023).
2. Положення про Міністерство цифрової трансформації України, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 18 вересня 2019 року № 856. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/856-2019-%D0%BF#n73> (дата звернення 25.03.2023).
3. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 27 січня 2016 року "Про Стратегію кібербезпеки України" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/96/2016> (дата звернення 25.03.2023).
4. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» №2163-VIII від 05.10.2017 р. Голос України. 2017. №208.
5. Клим В.Ю. Електронне голосування: умови проектування та технології створення національної інформаційної системи. / В.Ю. Клим // Технічні науки та технології. – 2022. – №1(27). – С.142–151. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-1\(27\)-142-151](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-1(27)-142-151)
6. Жованік М.О. Концепція управління та розмежування доступу до інформаційно-технічних ресурсів у сучасній ІТ-інфраструктурі. / М.О. Жованік // Молодий вчений. – 2017. – № 4 (44). – С. 527 – 532.
7. НД ТЗІ 3.6 -004-21 Порядок впровадження системи безпеки інформації в державних органах, на підприємствах, організаціях, в інформаційно-комунікаційних системах яких обробляється інформація, вимога щодо захисту якої встановлена законом та не становить державної таємниці. Київ, 2021.
8. НД ТЗІ 2.3-025-21. Т.2. Методика оцінювання заходів захисту інформації, вимога щодо захисту якої встановлена законом та не становить державної таємниці, для інформаційних систем. Київ, 2021.

УДК 621.762:678-19

Пастернак В. В., канд. техн. наук, доцент  
Сватко А. В., студент

Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, [Shyberko@ur.net](mailto:Shyberko@ur.net)

## РОЗРОБКА СКРИПТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

У добу глобалізації, інтеграції та стрімкого розвитку інновацій і технологій важко уявити сьогодення і сучасний світ без WEB-простору, без пошукових систем, різноманітних сайтів, додатків, а також без скриптів для автоматизації. Автоматизацією користується майже кожна людина і тому одну із провідних ланок в IT-індустрії займає саме вибір правильної мови програмування для розробки скриптів. При створенні коду, який надсилає скарги на телеграм канали можна використовувати наступні мови програмування, як: JavaScript, Java, PowerShell-PowerShell, Ruby і т.д. Однак найбільш доцільно використовувати високорівневу мову програмування – Python. За допомогою цієї мови будуються нейронні мережі, створюються штучні інтелекти, розробляються WEB-сайти, а також створюються скрипти для автоматизації рутинних задач. До найпопулярніших бібліотек та фреймворків Python, які можна використовувати під час написання коду можна віднести наступні: Selenium, PyAutoGUI, Requests, Pandas, Django.

Нами був розроблений код з використанням мови програмування Python, який автоматично надсилає скарги на телеграм канали і безпосередньо фіксує скріншоти виконаної роботи. Реалізація на мові програмування Python із використанням основних операцій, циклів та прописаних коментарів представлено нижче:

```
from time import sleep # Підключаємо метод sleep() з бібліотеки time
from keyboard import is_pressed # Підключаємо метод is_pressed() з бібліотеки keyboard
import pyautogui # Підключаємо бібліотеку pyautogui
m = 1 # Створюємо змінну для нумерації наших скріншотів, яку в подальшому будемо збільшувати
f = open('BlocTg/test.txt', 'r') # Відкриваємо завчасно заготовлений текстовий документ test.txt з посиланнями на канали на які потрібно кинути скаргу
for i in f: # За допомогою циклу for вибираємо потрібні посилання із заготовленого документу
    if is_pressed('Ctrl'): # Відслідковуємо взаємодію користувача із утриманням клавіши Ctrl і якщо умова виконується, то виконуємо наступний код:
        break # Вихід із циклу
        pyautogui.click(212, 1053) # Відкриваємо браузер
        pyautogui.click(371, 67) # Активуємо поле вводу
        pyautogui.write(i) # Вводимо вибране посилання
        pyautogui.press('enter') # Застосовуємо клавішу enter для пошуку
        sleep(3) # Чекаємо поки відкриється потрібний телеграм канал
        pyautogui.click(1893, 64) # Відкриваємо діалогове вікно для взаємодії з каналом
        sleep(0.5) # Чекаємо 0.5 секунд
        image_location = pyautogui.locateOnScreen('BlocTg/test.png') # Шукаємо завчасно піктограму «поскаржитися», яка розташована на екрані монітора
        if image_location: # У випадку, якщо піктограма знайдена, то виконуються наступні дії:
```



```
x, y = pyautogui.center(image_location) # Отримуємо координати центру знайденої піктограми «поскаржитися»  
pyautogui.click(x,y) # Застосовуємо знайдені координати центру піктограми «поскаржитися» за допомогою методу click() з бібліотеки pyautogui  
pyautogui.click(875,664) # Обираємо розділ «інше»  
pyautogui.write('/') # Вписуємо будь який символ  
pyautogui.click(1070,623) # Застосовуємо піктограму "поскаржитися"  
sleep(0.5) # Чекаємо  
pyautogui.screenshot(f'BlocTg/{m}test.png', region = (430,30,1580,990)) # Робимо скріншот виконаної роботи і зберігаємо його у вказаній дерикторії, де зазначаємо потрібне ім'я  
else: # У випадку, якщо піктограма «поскаржитися» не знайдена, то виконуємо наступні дії:  
pyautogui.screenshot(f'BlocTg/{m} Заблокований.png', region = (430,30,1580,990)) # Робимо скріншот уже заблокованого каналу і зберігаємо його у вказаній дерикторії з потрібним ім'ям  
pyautogui.click(212, 1053) # Повертаємось назад у браузер для повторного циклу  
m += 1 # Збільшуємо нашу змінну m на одиницю
```

Слід відмітити, що реалізація даного коду дозволяє здійснювати цілий ряд переваг, а саме: 1) використовувати безкоштовні прив'язки бібліотек: PyAutoGUI, Time, Keyboard; 2) має наявність великої кількості модулів, які забезпечують різноманітні додаткові можливості; 3) розроблений скрипт працює набагато швидше завдяки своїй компактності та використанню меншої кількості рядків (операцій, циклів). Важливо теж відмітити, що у даній розробці скрипту ми використовуємо метод sleep(), який дозволив нам зупинити виконання коду на зазначену кількість секунд. Для коректної роботи коду на мові програмування Python потрібно виконати певні умови: 1) завчасно відкрити браузер, у якому буде проходити уся робота відкриття телеграм каналів, а також звернута піктограма даного браузера повинна стояти першою (зліва) у переліку від усіх інших відкритих програм; 2) програма телеграм повинна бути розгорнута на весь екран монітору комп'ютера, а також важливим є те, що панель функцій самої програми телеграм має бути згорнута під час роботи скрипту; 3) користувач не повинен бути учасником телеграм каналів з яким безпосередньо взаємодіє скрипт. Важливим є і те, що панель функцій розташована завжди з правого боку відкритого телеграм каналу. У результаті розроблений код на мові програмування Python зберігає скріншоти у вказану дерикторію, тобто скріншот кожного каналу, на якому видно, що на канал була кинута скарга. Тобто, якщо каналів 200, то і скріншотів буде 200. У випадку заблокованого каналу розроблений скрипт зберігає скріншот, але підписує його як заблокований.

**Висновок.** У даній роботі ми розробили скрипт для автоматизації з використанням мови програмування Python, а також обґрунтували цілий ряд переваг використання даної мови програмування. Варто зазначити, що розроблена теорія скриптів для автоматизації може вирішувати сучасні виклики сьогодення, які потребують уважного управління, планування, постійного вдосконалення та розуміння її впливу на постійний розвиток суспільства.

#### Список посилань

1. Яковенко А.В. Основи програмування Python. Частина 1 / за ред. А.В. Яковенко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 195 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25111/1/Python.pdf>.



2. Пастернак В.В. Особливості моделювання методами StarUML. / В.В.Пастернак // Математичні методи та моделі технічних і економічних систем: тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 лист. 2022 р.). – Тернопіль, 2022. – с. 146-147.

3. Пастернак В.В. Еволюція розвитку інформаційних систем та технологій. В.В.Пастернак // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: тези доп. XII Міжнар. наук.-практ. конф. (26-27 травн. 2022 р.). – Чернігів, 2022. – с. 180-181.

УДК: 004.056.6

**Рзаєва С. Л., канд. техн. наук, доцент**

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, rzaevasl@knu.edu.ua

**Рзаєв Д. О., старший викладач**

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, ditomas@ukr.net

**Ковальова Л. І., спеціаліст**

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, l.kovalova@knu.edu.ua

## **ОСНОВНІ СКЛАДОВІ БЕЗПЕКИ СХОВИЩА ДАНИХ ТА МЕТОДИ ЗАХИСТУ**

Проблеми безпеки сховища даних, пов'язані з процесом забезпечення безпеки всіх даних, незважаючи на те, що зберігається маса/велика інформація. Безпека даних пов'язана зі стійкістю та надійністю інформації.

На етапі сховища, доступ до даних зазвичай матимуть більше груп користувачів, ніж у базах даних. Необхідно застосовувати керування даними, щоб захистити певні фрагменти конфіденційної інформації від доступу не тих користувачів організації. Незалежно від того, чи йдеться про особисту інформацію (PII), чи фінансову інформацію, забезпечення конфіденційності даних має бути протягом усього «шляху» від БД до сховища даних. Запобігання оприлюдненню такої інформації є ключовим, і до нього можна підходити різними способами.

Кожна компанія зберігає інформацію, яка не може бути відкритою для всіх, хто працює в компанії. При переході від БД до Data Warehouse більше людей отримають доступ до даних. Адміністратору потрібно переконатися в узгодженості конфіденційної інформації, її збереження та обмеження у сховищі даних, і як до неї можна отримати доступ за допомогою інструментів бізнес-аналітики (BI).

Є кілька способів вирішення цього питання та кілька запитань, на які потрібно відповісти.

- 1) Де зараз обробляються конфіденційні дані (ідентифікаційна та фінансова інформація)?
- 2) Чи будуть ці конфіденційні дані все ще присутні в сховищі даних, а потім очищені?
- 3) Як цю інформацію буде видалено або обмежено з відкритих наборів даних - сценаріїв на шляху до сховища, вітрин даних, створених зі сховища?

На ці запитання потрібно відповісти, перш ніж підключати ці джерела до інструментів BI. У великих компаніях часто всі внутрішні дані вважаються конфіденційними. Навіть у внутрішньому плані департаментам необхідно знати дані інших департаментів. Проблеми виникають, коли компанія підключає своє сховище даних до своєї платформи BI або загалом надає доступ для запитів різним відділам. Це призводить до потенційного доступу до конфіденційних даних неавторизованими користувачами.

*Як захистити конфіденційні дані в сховищі даних.* Найпряміший спосіб обмежити доступ належним людям - це застосувати правила на рівні бази даних (сховище даних використовуються як реляційна база). Це можна зробити шляхом створення дозволів нарівні «лише для читання», створення спеціальних груп користувачів і шифрування конфіденційних даних.

*Лише для читання.* Налаштування сховища «лише для читання» за замовчуванням – запобігає виконанню будь-яких небезпечних інструкцій SQL-запису для даних.

*Спеціальні групи користувачів.* Незалежно від того, чи створюється сховище лише для читання, необхідно створити нову групу користувачів із доступом «лише для читання». Можна виключити доступ до певних таблиць або стовпців даних для цієї нової групи користувачів. Крім того, можна обмежити доступ до даних у розрізі окремих рядків. Дозволи на рівні рядків дозволяють надавати повний доступ до таблиць, що містять конфіденційну інформацію, але при цьому обмежують конкретні рядки та значення, що може бачити особа, яка здійснює запит.

*Шифрування стовпців.* Якщо потрібно згрупувати або агрегувати конфіденційні дані, можна створити зашифровані версії даних. Потім користувачі можуть створювати зведені таблиці, у яких конфіденційні показники, як-от фінансові дані, можна агрегувати до рівня, який підходить для перегляду та аналізу різними відділами. Рівень безпеки, який ви запроваджуєте, обмежує тип аналізу даних, але забезпечує захист конфіденційних даних.

*Як захистити конфіденційні дані в інструменті BI.* Після захищення базової структури даних у сховищі, необхідно переконатися, що в інструменті BI немає лазівок. Навіть встановлення правильних дозволів для сховища даних не гарантує, що конфіденційні дані не будуть неналежним чином передані через інформаційну панель або звіт інструменту BI. Цьому типу проблеми важко запобігти, тому загальною стратегією є встановлення політик для користувачів інструменту BI та регулярний контроль користувачів, з перевіркою прав доступ до даних, яких даних користувач може переглядати.

*Послідовний аудит/очищення облікового запису.* Змінюються проекти, змінюються ролі та сценарії використання. Будь-яка з цих змін може вплинути на дозволи співробітників компанії. Застарілі дозволи можуть призвести до проблем із відповідністю та конфіденційністю. Періодична перевірка та оновлення дозволів є найкращою практикою для захисту конфіденційних даних. Під час аудиту необхідно виконати перевірку та дати відповіді на питання:

Хто має доступ до яких джерел даних?

Хто має доступ до конфіденційної інформації на рівні рядка?

Хто входить до команди адміністратора чи має доступ адміністратора?

Хто має доступ або переглядає інформаційні панелі та звіти, що містять конфіденційні дані?

Періодична перевірка та оновлення дозволів є найкращою практикою для захисту конфіденційних даних. Всі сучасні інструменти BI пропонують відповіді на ці запитання за допомогою різних рівнів інформації про використання додатку, яку адміністратори можуть контролювати та переглядати.

Отже, захист даних є важливою темою в наш час. Інформація, яка зберігається в сховищах даних, може бути дуже цінною, тому її захист є ключовим завданням для бізнесу та інших організацій. Важливо пам'ятати, що при переході від бази даних до сукупних даних більше людей підтримують доступ до даних, тому необхідно забезпечити високий рівень конфіденційності та обмежити доступ до інформації.

При використанні інструментів бізнес-аналітики (BI) необхідно пам'ятати про те, що доступ до даних повинен бути обмежений лише до необхідного кола користувачів, а також необхідно включити заходи безпеки для захисту від несанкціонованого доступу до даних.

Тому захист даних є складною та важливою задачею, яка потребує поточного планування та виконання заходів безпеки, щоб забезпечити конфіденційність та надійність інформації.

#### Список посилань

1. Al-Fedaghi, S. (2020). Protecting Data Privacy and Security in Cloud Computing. *Journal of Information Privacy and Security*, 16(1), 28-39. Doi: 10.1080/15536548.2019.1703446
2. Huang, C., Li, M., Li, Y., Li, X., & Li, F. (2019). Data security and privacy protection in cloud computing. *Future Generation Computer Systems*, 93, 237-246. Doi: 10.1016/j.future.2018.10.048
3. Yaqoob, I., Hashem, I. A. T., Ahmed, E., Ahmed, A. I. A., Gani, A., & Imran, M. (2017). Big data: from analytics to learning. *Big Data and Cognitive Computing*, 1(1), 4. Doi: 10.3390/bdcc1010004.

УДК 004

Марчук Д.К., ст. викладач  
 Граф М.С., PhD, завідувач кафедри  
 Державний університет «Житомирська політехніка», kipz\_mdk@ztu.edu.ua

## ВИДИ АРХІТЕКТУР НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

У сучасних реаліях з розвитком технологій практично у всіх галузях людської діяльності пов'язаних з машинним навчанням використовуються нейронні мережі. Для створення систем штучного інтелекту найчастіше застосовується техніка глибокого (deep learning) або глибокого структурованого (deep structured learning), або ієрархічного (hierarchical learning) навчання.

Розвиток технологій глибокого навчання дозволив створювати більш точні та складні моделі комп'ютерного зору.

Для комп'ютерного зору було створено багато різної архітектури нейронних мереж. Але згорткова нейронна мережа (convolutional neural network (CNN)) є ключовою у багатьох моделях. Загальна архітектура CNN (рис.1) включає вхідний рівень, кілька змінних згорток і максимальних рівнів об'єднання, один повністю зв'язаний рівень і один класифікаційний рівень.

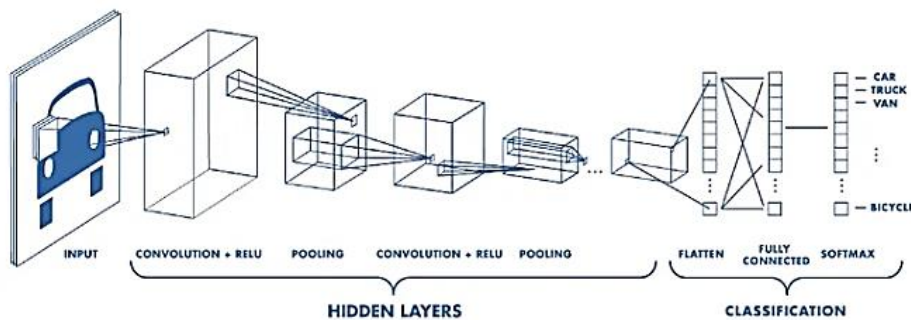


Рис. 1 – Схематичне зображення CNN

Найвідоміші з моделей нейронних мереж на базі CNN: AlexNet (2012); GoogleNet (2014); VGGNet (2014);

Нейронна мережа AlexNet, яка має 60 мільйонів параметрів і 650 000 нейронів, складається з п'яти згорткових шарів, за деякими з яких йдуть шари максимального об'єднання, і три повністю з'єднані шари з кінцевим 1000-канальним softmax (рис. 2). Щоб зробити навчання швидшим, автори використали нейрони без насиченості та операцію згортки на GPU. Щоб зменшити переобладнання в повністю з'єднаних шарах, застосували метод регуляризації [1]. AlexNet замість сигмоїдної або функцій Tanh, використовує функцію активації ReLU.

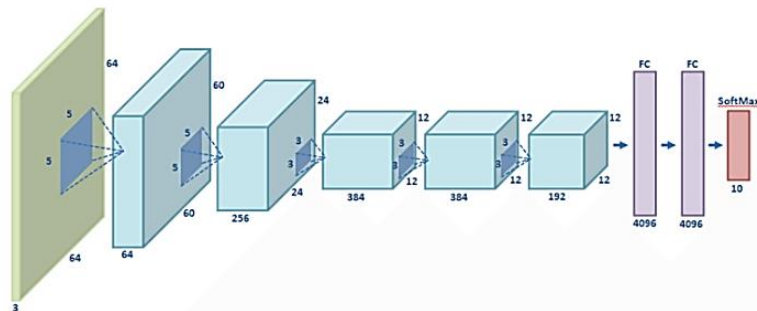


Рис. 2 – Архітектура AlexNet

У 2014 році переможцем конкурсу ILSVRC 2014 став GoogLeNet (Inception V1) від Google. У архітектурі використана CNN, але був реалізований новий елемент, який отримав назву початкового модуля. GoogLeNet складається з 22 шарів які до яких входить початковий модуль який в свою чергу використовує пакетну нормалізацію та RMSprop. RMSprop - це алгоритм, який використовує методи адаптивної швидкості навчання.

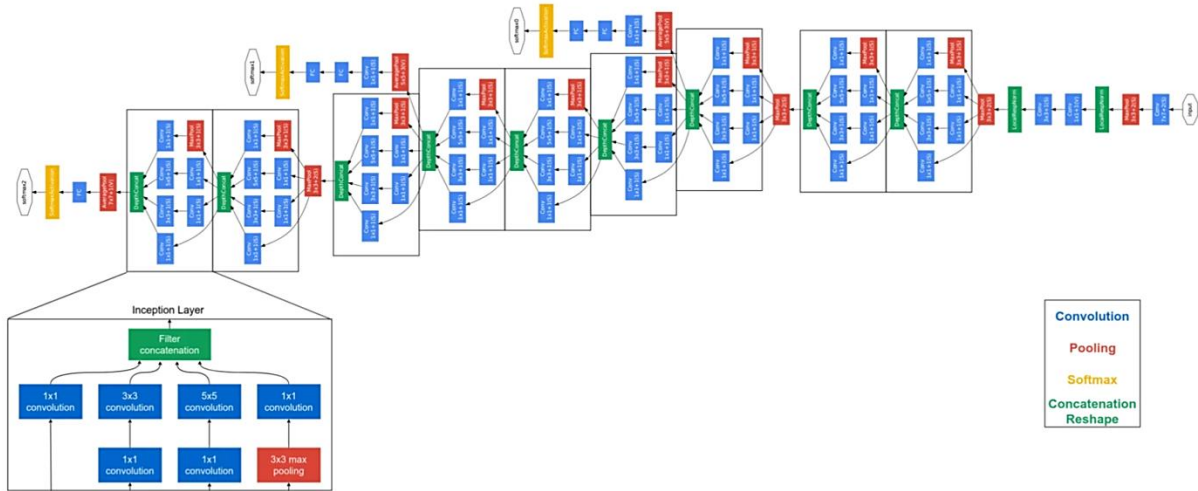


Рис. 3 – Архітектура GoogLeNet(Inception V1)

Особливу увагу потрібно приділити VGGNet. На даний час існує кілька варіантів VGGNet (VGG16, VGG19 тощо), які відрізняються лише загальною кількістю рівнів у мережі (рис.4).



Рис. 4 – Архітектура VGG16

Це модель згорткової нейронної мережі, яка підтримує 16 рівнів має загалом 138 мільйонів параметрів. Розробники К.Симонян і А.Зіссерман з Оксфордського університету запропонували цю модель і опублікували її в статті під назвою «Дуже глибокі згорткові мережі для розпізнавання великомасштабних зображень»[2]. У цій роботі авторами було досліджено вплив глибини згорткової мережі на її точність у налаштуваннях розпізнавання великомасштабних зображень. Головний внесок авторів - це ретельна оцінка мереж зі зростаючою глибиною з використанням архітектури з дуже малими (3x3) згортковими фільтрами. В роботі показано, що значного покращення конфігурацій попереднього рівня техніки можна досягти, збільшивши глибину до 16-19 вагових шарів.

#### Список посилань

1. Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey E. Hinton, ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // Communications of the ACM, June 2017, pp.84–90, <https://proceedings.neurips.cc/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf>
2. Simonyan, K., & Zisserman, A. (2015). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. 3rd International Conference on Learning Representations (ICLR 2015), 1–14. <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:60713f18-a6d1-4d97-8f45-b60ad8aebbce>

УДК 004:519.24:681.3.06

Павлов О.А., докт. техн. наук, професор  
Головченко М.М., ст. викладач  
Дрозд В.В., бакалавр

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
pavlov.fiot@gmail.com

## СИНТЕТИЧНИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ БАГАТОВИМІРНОЇ ПОЛІНОМІАЛЬНОЇ РЕГРЕСІЇ

1. Постановка задачі. Маємо багатовимірну поліноміальну регресію (БПР), що задана наступним надлишковим описом:

$$Y(\bar{x}) = \sum b_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t} \cdot x_{i_1}^{j_1} \cdot \dots \cdot x_{i_t}^{j_t} + E, \quad (1)$$

$$\forall (i_1 \dots i_t) \in K, \forall (j_1 \dots j_t) \in K (i_1 \dots i_t)$$

де  $\bar{x} = (x_1 \dots x_m)^T$  – детермінований вектор вхідних змінних,  $E$  – випадкова величина,  $ME = 0$ ,  $DE = \sigma^2 < \infty \forall b_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t}$  невідомі, деякі з них можуть дорівнювати нулю. В активному експерименті кожна вхідна змінна може приймати значення на відрізку  $[x_{j_{min}}, x_{j_{max}}]$ ,  $j = \overline{1, m}$  (2). Необхідно по результатам активного експерименту виключити з надлишкового опису (1) зайві члени і оцінити значення інших коефіцієнтів. В [1-3] запропоновано два різні методи розв’язання цієї задачі. В роботі обидва підходи об’єднуються в один синтетичний метод, що зберігає переваги обох методів, компенсуючи їх недоліки.

2. Агрегована схема синтетичного методу побудови БПР

2.1 Метод знаходження з допустимою точністю оцінок коефіцієнтів при нелінійних членах БПР (1)

2.1.1 З використанням символічних обчислень побудова із заданою точністю набору нормованих ортогональних поліномів Форсайта (НОПФ) для вибраного набору значень віртуальної детермінованої скалярної змінної  $z: z_1 \dots z_n$  та заданої ступені одновимірної поліноміальної регресії (ОПР) (Приклад наведено в [1]).

2.1.2 Формування вхідних даних умовного активного експерименту та множини  $\{I\}$  коефіцієнтів при нелінійних членах БПР (1), оцінки яких будуть знайдені з допустимою точністю [1, 3]

Аналізуючи довжини відрізків (2), аналітичні вирази взаємно однозначної залежності коефіцієнтів реальної та віртуальної одновимірної поліноміальної регресії (ОПР)[3], коефіцієнти якої оцінюються по фіксованому (див. п. 2.1.1) набору НОПФ, знаходимо підмножину вхідних змінних, які дозволяють по виразу (1) сформулювати послідовність ОПР [2], коефіцієнти при нелінійних членах яких, можливо з використанням допустимої кількості повторних експериментів [1], знаходяться з допустимою точністю. Кожна така ОПР дозволяє знайти оцінки з допустимою точністю, не менше одного коефіцієнта при нелінійних членах БПР (1).

2.1.3 Оцінка за результатами активного експерименту значень коефіцієнтів при нелінійних членах БПР (1), виключення з множини  $\{I\}$  та множини всіх коефіцієнтів БПР (1) коефіцієнтів, модуль оцінки яких виявився менше порогового

2.2 Модифікований метод групового урахування аргументів (ММГУА) для оцінки коефіцієнтів з множини:

$$\{\forall b_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t}\} \setminus \{I\} \quad (3)$$

з автоматичним виключенням надлишкових членів. В [2] була запропонована модифікація методу групового урахування аргументів (МГУА), що належить академіку НАН України Івахненко О.Г., для побудови багатовимірної лінійної регресії (БЛР), заданої надлишковим

описом. Модифікація полягає в тому, що замість селекційної багаторівневої алгоритмічної процедури генерації часткових описів БЛР, запропонований алгоритм розбиття всіх коефіцієнтів БЛР, заданої надлишковим описом на два класи, що, по-перше, суттєво зменшує множину часткових описів, а по-друге, ця множина практично гарантовано містить частковий опис, що має структуру шуканої БЛР. Її знаходження, як і в класичному МГУА, реалізується з використанням перевіркою послідовності даних [2]. У тому ж джерелі наведений критерій оцінки достовірності отриманого кінцевого результату.

2.2.1 ММГУА для побудови БПР, заданої надлишковим описом (3).

Внаслідок реалізації п.2 отримали наступну задачу регресії:

$$Y(\bar{x}) = \sum_{\{v b_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t}\} \setminus \{I\}} b_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t} \cdot x_{i_1}^{j_1} \cdot \dots \cdot x_{i_t}^{j_t} + f(\bar{x}) + E, \quad (4)$$

$$\text{де } f(\bar{x}) = \sum_{\{v b_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t}\} \in \{I\}} \hat{b}_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t} \cdot x_{i_1}^{j_1} \cdot \dots \cdot x_{i_t}^{j_t}, \quad (5)$$

$\hat{b}_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t}$  – це оцінки відповідних коефіцієнтів, знайдених в п. 2.1.

Задача регресії (4) може бути без жодних змін розв’язана ММГУА по результатам активного експерименту  $\bar{x}_i \rightarrow y_i - f(\bar{x}_i), i = \overline{1, n}$ , так як всі невідомі коефіцієнти входять в (5) лінійно. Множина вхідних даних  $\{\bar{x}_i, i = \overline{1, n}\}$  основного експерименту [2] формується заново, з використанням (2).

#### Список посилань

1. Pavlov, A., Holovchenko, M., Mukha, I., Lishchuk, K.: Mathematics and software for building nonlinear polynomial regressions using estimates for univariate polynomial regressions coefficients with a given (small) variance. In: Hu Z., Dychka I., Petoukhov S., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education V. ICCSEEA 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies 134, 288–303 (2022). doi: 10.1007/978-3-031-04812-8\_25

2. Pavlov A., Holovchenko M., Mukha I., Lishchuk K., Drozd V. A Modified Method and an Architecture of a Software for a Multivariate Polynomial Regression Building Based on the Results of a Conditional Active Experiment. Advances in Computer Science for Engineering and Education VI (ICCSEEA 2023). 2023. (у друці)

3. Pavlov A.A. Estimating with a given accuracy of the coefficients at nonlinear terms of univariate polynomial regression using a small number of tests in an arbitrary limited active experiment, – № 2 (6), 2021. – С.3-7. <https://doi.org/10.20998/2079-0023.2021.02.01>

УДК 004.93

Овечкіна А.О., студент

Національний авіаційний університет, м. Київ, 5797944@stud.nau.edu.ua

### АВТОМАТИЗОВАНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ТА РЕМОНТУ ПОЛОМОК ОБЛАДНАННЯ

Медичні прилади відіграють життєво важливу роль в охороні здоров’я. Точна діагностика та ефективне лікування пацієнтів залежать від правильної роботи медичного обладнання. Тим не менш, несправності медичних пристроїв є поширеними і можуть призвести до затримки в обслуговуванні пацієнтів, додаткових витрат і навіть травм пацієнта. Таким чином, надзвичайно важливо мати автоматизовану систему, яка може негайно виявляти проблеми та рекомендувати інженеру найкращий спосіб дій. У цій роботі запропоновано створити програму, яка може оцінити потенційну несправність медичного пристрою та запропонувати інженеру найкращий спосіб її усунення.

Для створення запропонованої програми буде інтегровано різноманітні технології та методи розробки. Виявлення того, для якого медичного обладнання використовуватиметься додаток є початковим кроком. Дані про типові несправності та пов’язані з ними ознаки збиратимуться з різноманітних джерел, включаючи виробників медичного обладнання,



спеціалістів з ремонту та відгуки клієнтів. Відповідно до отриманої інформації буде створено алгоритм діагностики несправностей, який може вивчити симптоми (ознаки) несправності та запропонувати діагноз (рішення). Алгоритм буде створено, щоб точно визначити проблему та запропонувати курс дій для ремонту.

Потім програма відобразить інженерові списком варіантів ремонту, який може варіюватися від простих виправлень, які можна виконати на місці, до більш складних ремонтів, які потребують спеціальних інструментів або досвіду. Відгуки користувачів будуть включені для підвищення точності та ефективності програми. Нарешті, додаток буде розроблено таким чином, щоб забезпечити відповідність усім відповідним нормам і вказівкам.

Щоб забезпечити точність і ефективність програми, алгоритм дій буде сплановано, використовуючи великий набір даних про поломки медичних пристроїв і відповідні варіанти ремонту. Дані будуть позначені фахівцями з ремонту та розробки медичних пристроїв, щоб гарантувати, що алгоритм точно діагностує проблему та запропонує найкращий варіант ремонту. Додатково буде проведено кілька раундів тестування ряду медичних пристроїв, щоб переконатися, що програма може точно діагностувати та ремонтувати пристрої.

Запропонований додаток запропонує швидкий і автоматизований спосіб виявлення та усунення несправностей медичного обладнання. Система матиме зручний інтерфейс, який дозволить інженерам вводити такі дані, як тип пристрою, виробник і робочі дані.

Запровадження додатку пришвидшить ремонт медичного обладнання, заощадить кошти та зменшить затримки лікування пацієнтів.

Додаток надасть ряд переваг постачальникам медичних послуг, пацієнтам і виробникам медичного обладнання. Постачальники медичних послуг отримають переваги від скорочення часу простою, швидшої діагностики та ремонту медичних пристроїв і підвищення ефективності. Пацієнти отримають переваги від швидкої та точної діагностики та лікування, що може призвести до покращення результатів. Виробники медичних пристроїв отримають вигоду від зниження гарантійних витрат і витрат на ремонт, підвищення рівня задоволеності клієнтів і покращення якості продукції.

Підсумовуючи, створення програмного забезпечення, яке може знаходити потенційні збої в медичних пристроях і рекомендувати інженеру найкращий спосіб їх усунення, має вирішальне значення для надання ефективної та безпечної медичної допомоги. Пропонований додаток запропонує швидкий, автоматизований і сумісний спосіб усунення несправностей медичного обладнання. Це значно скоротить час простою та витрати, а також гарантує, що пацієнти отримують своєчасну та точну діагностику та лікування. Успіх цієї програми зрештою залежатиме від точної діагностики та ремонту медичних пристроїв, що може призвести до покращення результатів лікування пацієнтів і підвищення довіри до системи охорони здоров'я. Додаток рекомендовано використовувати в закладах охорони здоров'я для підвищення ефективності ремонту медичного обладнання та забезпечення безпеки пацієнтів.

#### Список посилань

1. Chan, J. M., & Makary, M. A. (2018). Medical device recalls and the impact on patient safety. *JAMA*, 319(23), 2387-2388.
2. Hilty, D. M., & Maheu, M. M. (2018). Professional psychology in the digital age: Considerations for ethical and effective practice. *American Psychologist*, 73(3), 334-345.
3. Ortegón, M. I., & Zuluaga, M. A. (2018). The impact of medical device technology on healthcare today. *Journal of Healthcare Engineering*, 2018, 1-2.
4. Pandya, A. S., Sengupta, S., & Bhargava, A. (2019). Medical device recalls: An analysis of the US FDA's recall database. *Journal of Medical Systems*, 43(2), 1-9.

УДК 616.379:577.112.1:578

Ковальчук В.І., аспірант

Національний авіаційний університет, м. Київ, [vl.i.kovalchuk@gmail.com](mailto:vl.i.kovalchuk@gmail.com)

## ВИЯВЛЕННЯ АНТИТІЛ ДО ЛЮДСЬКОГО ЛЕЙКОЦИТАРНОГО АНТИГЕНУ (HLA) ЗА ДОПОМОГОЮ МУЛЬТИПЛЕКСНОГО АНАЛІЗАТОРА

Сьогодні більшість малих і середніх лабораторій аналізу HLA використовують комерційно доступні технології на основі специфічних для послідовності праймерів (технологія PCR-SSP) для типування HLA. Однак, ці технології є трудомісткими і забирають багато часу. В той же час, стратегія типування HLA на основі послідовності з використанням секвенаторів капілярного електрофорезу є швидшою але й дорожчою, і тому часто використовується у високопродуктивних лабораторіях аналізу HLA. Сучасна ж технологія мультиплексного аналізу Luminex (Luminex Corporation, Остін, Техас, США) поєднує швидку обробку зразків в поєднанні з обмеженою технічною складністю, що означає високу економічну ефективність. Зокрема, тривалість тесту та витрати на придбання машин значно нижчі порівняно зі використанням стратегії типування HLA на основі послідовностей. [1]

Основним принципом технології Luminex є можливість вимірювання одночасно кількох аналітів (речовин або складових, що підлягають аналізу) в одній реакційній лунці. В якості досліджуваного носія інформації використовують полістиролові мікросфери  $d=5,6$  мкм. До складу таких мікросфер інтегровані два флуорофори у різній концентрації. Певне співвідношення концентрацій флуорофорів створює до 100 можливих типів частинок, кожна з яких матиме власну унікальну спектральну характеристику. Спектр частки є її індивідуальним «номером» та визначає її тип. Власне, тип частинки і розпізнається мультиплексним аналізатором у процесі вимірювання. На поверхні полістиролу можуть бути зафіксовані різноманітні біологічні молекули – антитіла, антигени або фрагменти олігонуклеотидних послідовностей.[2]

Для виявлення того чи іншого аналіту проводять інкубацію мікросфер із зразком, згідно з поставленим діагностичним завданням. Варто зазначити, що мікросфери попередньо вкриті специфічними антитілами, для захоплення аналіту. Саме завдяки такій попередній підготовці антитіла зв'язуються з аналітами, що представляють інтерес. Антитіла для виявлення, специфічні до аналітів, поєднуються із специфічними антитілами та утворюють «сендвіч» антитіло-антиген. Додається стрептавідин (Phycoerythrin - PE), кон'югований фікоеритрином, що зв'язується з антитілами для виявлення – рис 1.

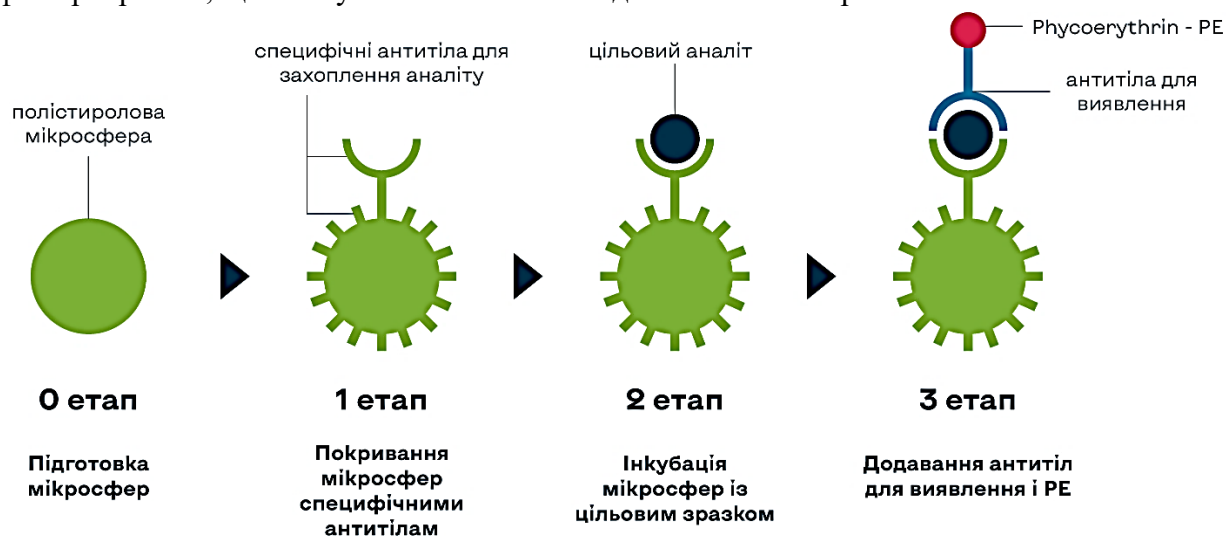


Рис. 1 – Структурна схема мультиплексного аналізу

Під час вимірювання, у лічильній камері мультиплексного аналізатора, в потоці спрямованої рідини, кожна мікросфера піддається опроміненню двома лазерами з різною довжиною хвилі і сигнал, що випускається флуорофорами, реєструється датчиками приладу. Один лазер класифікує кульку та визначає виявлений аналіт. Другий лазер визначає величину сигналу, отриманого від РЕ, який прямо пропорційний кількості виявленого аналіту. Тобто аналізується одночасно тип мікросфери та наявність і концентрація шуканого аналіту на відповідному типі частинок. [3]

Як наслідок, технологія мультиплексного аналізу демонструє значні переваги в порівнянні з класичними методами HLA типування. Наприклад, сучасний мультиплексний аналізатор дозволяє одночасно визначати кілька HLA алелей або гаплотипів в одному експерименті. Це робить дослідження швидшим та ефективнішим порівняно з традиційними методами, які вимагають окремого аналізу для кожного алелю. Окрім того використання мікросфер з кодовою кольором сигнальною системою знижує ризик помилки і підвищує надійність результатів. Неочевидною перевагою мультиплексного аналізу є також те, що менші обсяги проби дозволяють знизити кількість донорських клітин, що може бути особливо важливим у випадках з обмеженою доступністю донорського матеріалу. Вищевикладене дозволяє спрогнозувати подальший розвиток як самої технології мультиплексного аналізу, так і зростання технічних характеристик мультиплексних аналізаторів зокрема.

#### Список посилань

1. HLA Genotyping and Antibody Characterization Using the Luminex™ Multiplex Technology [Текст]/ Heinemann F.M.. Transfus Med Hemother. 2014; 36(4):273-278.
2. Мультиплексний аналіз: сучасний підхід при комплексній діагностиці у трансплантології [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.biochemmack.ru/upload/uf/057/05714648aa57db84da1f9cd721f6b214.pdf>
3. Technical Information (Luminex® Assay Principle) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rndsystems.com/resources/technical/luminex-assay-principle>

УДК 004.942:612.171.1

Дмитрина А.В., студентка

Національний авіаційний університет, м. Київ, [nasyayav1126@gmail.com](mailto:nasyayav1126@gmail.com)

### АЛГОРИТМ ПОКРАЩЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

Візуальний аналіз графіку сигналу дозволяє попередньо оцінити його якість, виявити можливі артефакти. Гістограми пар послідовних RR інтервалів ЕКГ сигналів у тривимірному координатному просторі показують щільність значень зазначених інтервалів. Значно покращити візуальний результат можна використанням гістограми з вузькими бінами та додатковим згладжуванням.

Двовимірна гістограма є узагальненням одновимірної гістограми. Область координат  $x$ – $y$  розділяють на прямокутники(або квадрати) і підраховують кількість даних (спостережень) у кожному прямокутнику. Графічне відображення такої необробленої гістограми можна зробити більш інформативним за допомогою алгоритму згладжування [1].

- Алгоритм швидкого згладжування двовимірної гістограми  $H$  складається з таких етапів:
- згладити стовпці матриці  $H$ , отримати матрицю  $G$ ;
  - згладити стовпці  $G'$  (які є рядками  $G$ ), отримати матрицю  $F'$ ;
  - транспонувати матрицю  $F'$  для отримання результату.

Для згладжування гістограми, що задана матрицею  $H$ , запропоновано використовувати розроблений програмний код в середовищі MATLAB.

MATLAB може прискорити обчислення (приблизно в три рази) враховуючи розрідженість системи рівнянь, якщо застосувати розріджену одиничну матрицю  $speye$  замість  $eue$  [2].

Описаний алгоритм візуального покращення діаграми розсіювання за допомогою згладженої гістограми швидкий, його можна використовувати в звичайний спосіб під час дослідження діаграм розсіювання, і можна майже миттєво побачити наслідки зміни величини згладжування.

Переваги алгоритму:

–не використовує спеціальні бібліотеки згладжування, а лише кілька рядків простих обчислень лінійної алгебри, які легко реалізуються в MATLAB.

–працює безпосередньо з двовимірною матрицею гістограми.

–дотримується меж домену, що важливо під час згладжування щільності дуже косо розподілених даних.

–має високу швидкість.

–може обробляти велику ( $10^6$  або більше) кількість точок даних.

Описаний алгоритм застосовано для згладжування двовимірних гістограм, на основі яких були побудовані 3D карти Пуанкаре.

#### Список посилань

1. Paul H. C. Eilers. Enhancing scatterplots with smoothed densities./ Paul H. C. Eilers, Jelle J. Goeman.// – Bioinformatics. – Vol. 20 – no. 5 2004. – pages 623-628. DOI: 10.1093/bioinformatics/btg454

2. Mathworks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.mathworks.com/help/signal/ref/hampel.html?s\\_tid=srchtitle\\_hampel\\_1](https://www.mathworks.com/help/signal/ref/hampel.html?s_tid=srchtitle_hampel_1)

УДК 004.93:616.075.8

Гладка Т.А., студентка

Національний авіаційний університет, м. Київ, 5659411@stud.nau.edu.ua

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ

Останнім часом дослідження за допомогою комп'ютерної томографії (КТ) стало майже буденним обстеженням, через що збільшується навантаження та лікарів та виникає потреба у якісно новому підході до оцінки якості зображень. Наразі існує досить багато досліджень, що стосуються цієї тематики, але одними з найперспективніших є ті, що описують різні можливості автоматизації цього процесу. Розглянемо це на прикладі двох актуальних досліджень.

Перше, описує новий повністю автоматизований метод оцінки якості зображення КТ. У ньому використовувалися три показники якості, такі як: рівень шуму, індекс чіткості структури та індекс зміни структури; при цьому, застосовувалися такі типи алгоритму: відфільтрована зворотна проекція (FBP), специфічна ітеративна реконструкція (IR) і модель глибокого навчання. Завдяки цьому була продемонстрована надійність та ефективність методу. Також, представлене автоматизоване вимірювання чіткості, може надійно відображати вручну виміряний нахил структури досвідченим лікарем із сильною кореляцією Пірсона 0,79.

Наступне дослідження описує технологію інтелектуального зменшення металевих артефактів (SMAR) та реконструкцію даних за допомогою адаптивної статистичної ітераційної реконструкції (ASiR). Цей метод покращує якість зображень і зменшує артефакти, що дозволяє проводити анатомічну візуалізацію структур, прихованих під

артефактами, шляхом суб'єктивних і об'єктивних вимірювань. Це призводить до підвищення впевненості в діагностиці пацієнтів з різноманітними імплантатами.

Тож використання автоматизованих технологій, це дуже перспективний і багатогранний напрямок. Завдяки ним, можна зменшити дозу опромінення пацієнта, візуалізувати ті структури, які до цього були майже невидимими, полегшити працю лікарів і зменшити вплив людського фактору. Проте, варто зазначити що для цього потрібні значні матеріальні та технічні ресурси, які є доступними для досить неширокого кола дослідників та науковців. Використання ж штучного інтелекту, не тільки полегшує ряд завдань, а й дає можливість регулярного покращення та оновлення протоколів, якщо вкласти у нього функцію постійного навчання.

#### Список посилань

1. Fully automated image quality evaluation on patient CT: Multi-vendor and multi-reconstruction study [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0271724>. – Назва з екрана. – Мова : англ. – Дата звернення : 12.04.2023.
2. Evaluation of the Quality of CT Images Acquired with Smart Metal Artifact Reduction Software [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7874696/>. – Назва з екрана. – Мова : англ. – Дата звернення : 12.04.2023.

УДК 378.14

**Туманова Ю.В., викладач**

**Васіліщенко М.М., здобувач освіти**

Відокремлений структурний підрозділ «Класичний фаховий коледж» Сумського державного університету, м. Конотоп, [tumanovakon1304@gmail.com](mailto:tumanovakon1304@gmail.com)

**Черняк О.В., інженер-конструктор**

Технологічний відділ цеху обробки гільз ТОВ «Мотордеталь-Конотоп», м. Конотоп

### УДОСКОНАЛЕННЯ ЗМІСТУ ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

Інформація – це один з основних ресурсів розвитку суспільства в останні десятиліття, а інформаційні системи та технології – засіб підвищення продуктивності праці та ефективної роботи працівників.

Володіння теоретичними основами інформаційних систем і технологій є складовими інформаційної культури. Засвоєні поняття щодо інформаційних систем і технологій повинні бути більш узагальнювальними й спрямовуватися на майбутню професійну діяльність здобувача освіти.

Метою навчальної дисципліни є формування у майбутніх фахівців сучасного рівня інформаційної культури та комп'ютерної грамотності, формування базових знань та набуття навичок необхідних фахівцям для управління ресурсами в галузі механічної інженерії.

Обсяг навчальної дисципліни становить 5 кредитів ЄКТС, 150 годин, з яких: 48 годин становить контактна робота з викладачем (20 годин лекцій, 20 годин практичних занять, 8 годин лабораторних занять), 102 години становить самостійна робота.

Лекції надають здобувачам освіти теоретичні знання з основ інформаційних технологій, що є фундаментом для самостійного навчання. Лекції доповнюються практичними та лабораторними заняттями, які надають майбутнім молодшим бакалаврам можливість застосовувати теоретичні знання на практичних прикладах.

Навчання за допомогою мережі інтернет (Internet-Browse) відбувається в ситуаціях, коли здобувачі освіти шукають матеріал на задану тему в Інтернеті; вони повинні його відфільтрувати, перевірити і представити в аудиторії. Гнучкість, доступність та

персоніфікація навчання забезпечується m-learning з використанням мобільних пристроїв. Навчання через blended-learning з використанням LMS MOODLE, в межах якого майбутні молодші бакалаври здобувають знання як очно, так і самостійно (он-лайн), дозволяє створити комфортне освітнє цифрове середовище та забезпечити індивідуальну траєкторію навчання.

Сьогодні в процесі розроблення нових машин, виробів, матеріалів, конструкцій широко використовуються експериментальні дослідження. Спостереження за роботою конструкцій машин і механізмів відбувається в нормальних та екстремальних умовах експлуатації у формі виробничих активних і пасивних експериментів. Щоб отримати достовірну інформацію, результати експериментальних досліджень необхідно аналізувати методами математичної статистики. Виходячи з цього, знання методів аналізу експериментальних даних та умінь використовувати їх в практичній діяльності є важливим елементом підготовки майбутніх молодших бакалаврів галузевого машинобудування.

Таким чином, удосконалюючи зміст дисципліни «Інформаційні системи і технології», вважаємо за доцільне зупинитися на більш детальному вивченні можливостей Microsoft Excel як інструмента для аналізу експериментальних даних. Отримані знання можуть використовуватися не лише при вивченні навчальних дисциплін, пов'язаних з методами статистичного аналізу, але й при виконанні курсових робіт.

Фахівці з галузевого машинобудування у своїй професійній діяльності досить часто зустрічаються з необхідністю нормувати розрахункові значення досліджуваних параметрів технічних об'єктів.

Наприклад: характеристичний опір конструкційних матеріалів, характеристичні та розрахункові значення навантажень на машини та механізми. Ці технічні задачі можна вирішити за допомогою операцій з випадковими величинами, а саме – скористатися відповідними статистичними функціями табличного процесора Microsoft Excel.

Окремої уваги заслуговує низка етапів, які включає статистична обробка вибірок випадкових величин і з якими також майбутнім молодшим бакалаврам галузевого машинобудування необхідно ознайомитися на заняттях з дисципліни «Інформаційні системи і технології». Це [1, 2]:

- аналіз вибірки на предмет наявності очевидно грубих помилок (відсортуння вибірки за зростанням чи зменшенням даних, визначення й оцінка мінімального та максимального значення тощо);
- побудова гістограми розподілу вибірки (графічне зображення статистичного розподілу);
- обчислення числових характеристик вибірки (розмах вибірки, середнє значення, стандарт, коефіцієнти варіації, коефіцієнт асиметрії).

Отже, під час вивчення теми «Статистичні функції Microsoft Excel», «Графічне зображення статистичного розподілу» здобувачам освіти пропонується ознайомитися з призначенням і використанням статистичних функцій Microsoft Excel для обробки вибірок випадкових величин таких як: МИН (список), МАКС (список), СЧЕТ (список), СРЗНАЧ (список), СТАНДОТКЛОН (список), СТАНДОТКЛОН.В (список), СКОС (список), НОРМРАСП (x, M, S, I), НОРМОБР (F, M, S), ЧАСТОТА(список), ГАММА (x), тощо.

Сучасне суспільство широко використовує інформаційні технології практично в усіх сферах людської діяльності. Перенасиченість інформацією стала нашим повсякденним життям. Тому нині гостро постає питання інформаційної етики [3].

Результати анкетування констатувального експерименту показали, що тільки 50 % опитаних майбутніх молодших бакалаврів знайоме поняття «інформаційна етика». А, отже, впровадження теми «Інформаційна етика» допоможе здобувачам освіти оволодіти загальними нормами поведінки при створенні, поширенні та використанні інформації.



Таким чином, удосконалення змісту дисципліни «Інформаційні системи і технології», розробка лаконічного курсу лекцій, рекомендацій до самостійної роботи сприятиме формуванню бази знань, умінь та навичок, які будуть супроводжувати майбутніх молодших бакалаврів у вивченні дисциплін спеціалу, а також у подальшій професійній діяльності.

#### Список посилань

1. Інженерний аналіз експериментальних даних. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів спеціальностей: 192 – Будівництво та цивільна інженерія; 133 – Галузеве машинобудування. – Кропивницький : ЦНТУ, 2017. – 82 с.
2. Грушецька І.О. MS EXCEL 2007. КРОК ЗА КРОКОМ. Навчально-методичний посібник / І.О. Грушецька. – Хмельницький: ІВВ ВПУ № 25, – 2018. – 100 с.
3. Войтюшенко Н.М. Інформатика і комп'ютерна техніка : навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] / Н.М. Войтюшенко, А.І. Остапеч. [2-ге вид.]. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 564 с.

УДК 004.42(07)

**Жирова Т.О., канд. пед. наук, доцент**  
**Котенко Н.О., канд. пед. наук, доцент**

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [zhyrova@knu.edu.ua](mailto:zhyrova@knu.edu.ua)

### ВИКОРИСТАННЯ ЧАТУ GPT В ТЕСТУВАННІ ДОСТУПНОСТІ ВЕБДОДАТКІВ

Питання доступності програмного забезпечення наразі є досить важливим та гострим. Цим питанням переймаються розробники, які працюють над розробкою, тестуванням та вдосконаленням програмного забезпечення, а також науковці, які досліджують суть проблеми та пропонують оптимальні шляхи її вирішення.

На питаннях доступності програмного забезпечення акцентували свою увагу низка науковців, зокрема Ordonez K., Hilera J., Cueva S., Silva J.S., Goncalves R., Branco F. Brown K., de Bie A., Aggarwal A., Joslin R., Williams-Habibi S., & Sivanesanathan V.

Наразі розроблено Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), в якому визначено стандарти доступності для веб-контенту. WCAG надають вказівки розробникам, дизайнерам і контент-менеджерам, як зробити веб-сайти і веб-додатки більш доступними для людей з різними видами обмежень [1]. На основі цих вимог проводиться як ручне, так і автоматизоване тестування доступності вебдодатків.

Нині все більше програмного забезпечення містить штучний інтелект (ШІ). ШІ може усунути бар'єри доступності за допомогою різних рішень: розпізнавання зображення або обличчя для людей із вадами зору; розпізнавання по губах для людей з вадами слуху; конспектування тексту для людей з когнітивними порушеннями; субтитри або переклади в реальному часі для людей із вадами слуху тощо [2].

Наше дослідження полягає у тому щоб визначити способи використання чату GPT для тестування доступності вебдодатків. GPT Chat може бути корисним інструментом для перевірки доступності веб-додатків шляхом імітації взаємодії користувача та оцінки відповідей. Для цього необхідно визначити тестові сценарії: загальні дії користувача та відповідні дії у вебдодатку. Це може включати навігацію по меню, заповнення форм, взаємодію з мультимедійними елементами та доступ до вмісту за допомогою допоміжних технологій.

Необхідно зімітувати взаємодію користувача. На даному етапі доцільно використати GPT Chat, щоб імітувати взаємодію користувача, вводячи команди та запити, таким чином як це виконують особи з особливими потребами. Наприклад, можна надіслати запит на перехід до певної сторінки, надіслати форму або отримати доступ до певної функції за допомогою програми зчитування з екрана.

Наступним кроком потрібно здійснити оцінку відповіді: перевірити відповіді, створені GPT Chat, щоб оцінити доступність веб-програми. Потрібно звернути увагу на індикатори того, що програма надає належний відгук, підтримує навігацію з клавіатури, містить альтернативний текст для зображень, дотримується належної структури заголовків і підтримує семантичну розмітку, серед інших міркувань доступності.

Важливо зауважити, що хоча GPT Chat може надати імітацію взаємодії з користувачем, він може не охоплювати всі аспекти тестування доступності. Ручне тестування та використання допоміжних технологій реальними користувачами з обмеженими можливостями також є важливими для комплексної оцінки доступності веб-додатків.

#### Список посилань

1. Zhyrova, T., Kotenko, N., Bebashko, B., Khorolska, K., Shevchenko, S. Benchmarking between the DQL Index and the Web Application Accessibility Index using Automatic Test Tools. CEUR Workshop Proceedings this link is disabled, 2022, 3288, pp. 110 – 116 (Scopus).<https://ceur-ws.org/Vol-3288/>
2. Digital Inclusion. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ialabs.ie/>

УДК 629.7.051

Андрушко А.М.  
Кузнецов В.О.  
Аркушенко П.Л., канд.техн.наук  
Андрушко М.В.

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м.Черкаси,  
artem.andrushko123@gmail.com

### АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТРАЄКТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Рівень розвитку оборонної сфери напряму залежить від ступеня накопичення знань у новітніх технологіях та оперативності цього процесу, оскільки накопичення результатів наукових досягнень вчорашнього дня не може вивести державу на нові високі технології сьогодні чи в майбутньому.

Характерною, особливістю сучасного рівня розвитку засобів траєкторних вимірювань є тісний зв'язок і взаємовплив процесів вимірювання параметрів руху повітряних об'єктів та математичної обробки результатів, вимірювань [1].

Додатковим чинником, що сприятиме оптимізації розробки готових рішень є системне накопичення (створення) масивів інформації. Обробка масивів накопиченої польотної інформації за допомогою математичних аналітичних, імітаційних та інших моделей, може деталізувати та конкретизувати нештатні ситуації і доцільні рішення, визначити особливості поведінки повітряних об'єктів у відповідних умовах, зональні особливості повітряного простору України та тощо.

Метою досліджень є аналіз особливостей сучасних поглядів на визначення просторового положення повітряних об'єктів та математичної моделі опису їх місцезнаходження.

Потрібно зазначити, що однією з основних задач здійснення контролю над об'єктом, є підтримка такого його стану, який дозволяє йому безпосередньо виконувати свої функціональні завдання, оскільки неточні або помилкові команди (накази, вказівки) можуть призводити до катастрофічних (невідворотних) наслідків. Зрозуміло також, що контроль над об'єктом – це неперервний потік даних від об'єкту контролю до органу управління протягом часу виконання завдання об'єктом, тому, за незначний проміжок часу, орган управління повинен отримати, обробити, та проаналізувати дуже значний обсяг інформації (даних), виділити з них критичні (кризові, катастрофічні) показники і знайти ефективні (допустимо правильні) шляхи їх вирішення.

Для оптимізації процесу визначення місцеположення повітряного об'єкту за результатами траєкторних вимірювань необхідно вибрати математичну модель його руху, склад вимірювальних функцій і програму вимірювань, а також метод статистичної обробки вимірювань, що забезпечать необхідну точність і надійність визначення просторового положення повітряного об'єкту при мінімальних затратах часу та коштів.

Використання математичної теорії планування дослідження дозволяє розробити струнку логічну схему та виробити оптимальні умови для вирішення всіх етапів визначення руху повітряного об'єкту за результатами траєкторних вимірювань.

Крім того, для виконання обробки вимірювань, тобто одержання оцінок вимірюваних величин, і експерименту в цілому, визначення оцінки характеристик, що описують об'єкт, необхідне знання структури і статистичних характеристик сигналу, що надходить на обробку. Вимірювальна інформація може являти собою безперервний випадковий процес, дискретний випадковий процес, безперервну або дискретну випадкову послідовність. Вимірювальна інформація багатомірної інформаційно-вимірювальної системи описується у вигляді дискретних випадкових послідовностей [2-3].

Для опису процесів, що відбуваються в складних технічних системах в даний час широко використовується поняття математичної моделі. Математична модель будується на основі всебічного аналізу поведінки системи і широкого використання результатів проведення статистичних досліджень. Вона повинна бути достатньо повною, щоб адекватно описувати систему, але також і досить простою, щоб отримувані алгоритми можна було реалізувати на електронно-обчислювальних машинах.

Найбільш широке розповсюдження при визначенні характеристик по результатам вимірювань отримали наступні статистичні методи: метод максимального правдо відповідності, метод найменших квадратів, метод максимальної апостеріорної вірогідності.

Дані методи дозволяють будувати два виду обчислювальних алгоритмів (процедур, схем): оптові (разові) та рекурентні.

Реалізація разових алгоритмів забезпечує одночасне використання всього вибору накопичених за визначений час вимірювань. Рекурентні алгоритми дозволяють обробляти результати вимірювань по мірі їх надходжень.

На практиці можливі та знаходять застосування різні комбінації детермінованих і статистичних методів для визначення оцінки характеристик систем та об'єкта в цілому по результатам траєкторних вимірювань.

Якщо часові залежності результатів вимірювань вхідних і вихідних параметрів системи спочатку згладить статистичним методом, а потім уже згладжені значення їх використовувати для визначення детермінованого метода, то отримаємо значний вигравш в точності. Але час, затрачений на вирішення, однозначно, збільшиться за рахунок необхідності проведення згладжування результатів вимірювань.

Можливий і інший підхід, який полягає в обчисленні декількох значень шуканої характеристики по формулам детермінованого метода при різних варіантах складу вимірювання. Отриману таким чином вибірку випадкових значень оцінок шуканої характеристики піддають статистичній обробці.

Таким чином, визначення достовірного місцезнаходження повітряного об'єкту за результатами траєкторних вимірювань вимагає існування (розробки) оптимальної програми вимірювань, тобто видів вимірювальних засобів, необхідної кількості та крок дискретності вимірів, розміщення вимірювальних засобів та інше.

#### Список посилань

1. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Система полигонных испытаний вооружения и военной техники: методологические основы. /Монография, под ред. И.Б. Чепкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2016.

2. Андрушко М.В. Особливості використання програмних засобів SCADA та Catman в інформаційно-вимірювальній системі для проведення випробувань ОВТ /М.В.Андрушко, О.Є.Кузьміч, П.Л.Аркушенко, А.М.Андрушко // Збірник наукових праць ДНДІ СВС ОВТ. – Чернігів: ДНДІ СВС ОВТ, 2023.№15(1).– С. 8-14. DOI: 10.37701/dndivsovt.15.2023.10.

3. Андрушко М.В. Достовірність контролю стану технологічного процесу і обладнання, як фактор якісного проведення випробувань ракетного озброєння авіації / М.В. Андрушко, І.В. Шейн, П.Л. Аркушенко // Проблеми якості оборонної продукції: організаційні, технічні та фінансово-економічні аспекти. Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Київ: НУОУ, 2022. – С. 6-10.

УДК 629.7.051

Тертишнік Є.М.

Мішок А.А.

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Черкаси,  
[tertushnik1983@gmail.com](mailto:tertushnik1983@gmail.com)

### **РОЗГЛЯД МОЖЛИВИХ ШЛЯХІВ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІОТ ДЛЯ ПОТРЕБ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ АНАЛІЗ ПЕРЕВАГИ ТА НЕБЕЗПЕК**

Найбільш помітною зміною в епоху сучасної війни є те, що інформація стала найефективнішою зброєю з усіх можливих. Ситуаційна обізнаність, заснована на зібраній інформації, стала ядром кожної військової операції. Інформаційні операції, інтегрована мережа датчиків, системи озброєння і платформ стали мультиплікатором сили. Нові технології, інструменти і процеси заснували концепцію мереже центральної війни.

Функціонування нещодавно розробленої технології Інтернету речей (далі - ІоТ) ґрунтується на взаємодії, комунікації між різними розумними пристроями, обладнанням, додатками з використанням переважно бездротових, радіочастотних технологій. Ці пристрої можуть бути частиною більш складних систем, діяти як розумні, приймати рішення щодо конкретного контексту, використовувати можливість обміну та агрегації інформації з іншими об'єктами. Використовуючи технології ІоТ Збройні Сили можуть працювати більш ефективно та дієво, об'єднавши сенсорні системи, приводи та системи керування з поточною військовою та цивільною інфраструктурою.

Метою цієї доповіді є ознайомлення з можливостями використання Інтернету речей у військових цілях, а також виявлення пов'язаних з Інтернетом речей загроз безпеці і потенційних заходів протидії їм, зосереджуючись на пристроях і технологіях, що використовуються у військовій сфері Інтернету речей.

Застосування ІоТ має багато переваг у різних сферах суспільного життя, таких як точне землеробство, регулювання громадського руху, розумний дім, охорона здоров'я тощо. Військовий та оборонний сектор нещодавно також визнали можливості та переваги Інтернету речей. Впровадження парадигми мережецентричної війни спрямувало традиційне військове мислення в нові напрямки і створило нову основу для військового застосування розширених комунікаційних мереж.

Оскільки алгоритм прийняття військових рішень ґрунтується на інформації, що отримана під час планування різних військових операцій, тому оборонний сектор дуже зацікавлений у новітніх технологіях. Це стало поштовхом до подальшого розвитку технологій обробки, збір та передачу інформації. Сучасні військові операції відбуваються в складному, багатовимірному середовищі, що постійно змінюється і командири мають все менше часу на обробку інформації, розробку плану операції та прийняття рішення на основі проаналізованої інформації.

Одним з можливих рішень цих проблем є впровадження Інтернету речей до військового сектору. Сучасне військове обладнання має більші можливості обробки даних та формує

складну військову інформаційну мережу, інтегровану у військову інформаційну інфраструктуру. Ці системи можуть бути використані для отримання більш точної картини обстановки, а також у медичній та логістичній сферах.

Одним з недоліків, щодо впровадження (адаптації) цих нових технологій є безпека даних. Механізми захисту в традиційних комп'ютерних мережах є недостатніми через високу складність систем, обмеженість ресурсів датчиків, ненадійність каналів зв'язку та віддалене управління. Необхідні подальші дослідження для виявлення специфічних проблем безпеки зазначеної технології та розробка можливих варіантів їх вирішення.

IoT включає в себе кілька окремих технологій, таких як вбудовані системи, комп'ютерні мережі, стільникові мережі, технології бездротового зв'язку, сенсорні мережі, аналіз даних, хмарні технології, а також чотири важливі елементи, які зробили значний внесок у їх широке застосування: розвиток мікроелектроніки, розвиток бездротового зв'язку, збільшення можливостей зберігання та обробки даних, впровадження програмного забезпечення та платформ для обробки даних.

Сфери військового застосування IoT:

1. Логістика.
2. Система управління вогнем.
3. Військова підготовка.
4. Моніторинг здоров'я.
5. Енергоменеджмент, розумні військові бази.
6. Розвідка.

Надзвичайно складна і розгалужена мережа, що включає кілька мільйонів датчиків (датчики на різних платформах, таких як безпілотні літальні апарати, радары, відеокамери, інфрачервоні або пасивні інфрачервоні датчики, автоматичні наземні датчики, портативні пристрої), надає дані в режимі реального часу для бойових підрозділів і осіб, які приймають рішення. Ці дані можуть бути інтегровані і використані для створення загальної оперативної картини, що сприяє прийняттю рішень командирами, покращенню координації та контролю на оперативній території.

Широке застосування Інтернету речей суттєво вплине на військові операції в майбутньому. Застосування розумних датчиків, встановлених на системах озброєння на різних платформах, таких як кораблі, безпілотні винищувачі, наземні транспортні засоби, відкриває нові можливості для армії, підвищить ефективність військових операцій, якість послуг, зменшить витрати і збереже людські життя. Командири можуть приймати рішення в режимі реального часу на основі технології Інтернету речей за допомогою складних військових інформаційних мереж, які ефективно використовуватимуться для отримання більш точної обстановки та інформаційної переваги. Нова технологія, описана в цій статті, вплине на розвиток у сфері військового (оборонного) застосування: проекти з комплексного віртуального моделювання військової підготовки, мережевого солдата, моніторингу здоров'я/охорони здоров'я, самокерованих транспортних засобів, логістичних систем, військових баз, управління енергією, інтегрованих систем аналізу розвідданих та визначить початкову тенденцію і в майбутньому очікується важливий розвиток в цій галузі.

#### Список посилань

1. Інтернет-ініціатива IEEE: На шляху до визначення Інтернету речей (IoT). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE\\_IoT\\_Towards\\_Definition\\_Internet\\_of\\_Things\\_Revision1\\_27M\\_AY15.pdf](https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27M_AY15.pdf)
2. Ханг, М., Gartner: Лідерство в IoT: Gartner Insights on How to Lead in a Connected World. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.gartner.com/imagesrv/books/iot/iot\\_Ebook\\_digital.pdf](https://www.gartner.com/imagesrv/books/iot/iot_Ebook_digital.pdf)
3. IHS Markit: Огляд трендів IoT 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ihsmarkit.com/Info/0118/iot-trendwatch-2018.html> (дата публікації: 2018. 04. 28.)

4. Zhao, K., Ge, L. (2019). Опитування про безпеку Інтернету речей. Матеріали - 9-та Міжнародна конференція з обчислювального інтелекту та безпеки, СНД 2019, 663 -667.

5. Kamrani, F., Welding, M., Rodhe, I.: Інтернет речей: Питання безпеки та конфіденційності, FOI Шведське агентство оборонних досліджень, Оборона та безпека, системи та технології, 2020. FOI-R--4362-SE, <https://www.foi.se/report>

6. Чжен, Деніс Е. - Картер, Вільям А.: Використання Інтернету речей для більш ефективної та дієвої армії; Звіт Програми стратегічних технологій CSIS, Rowman & Littlefield, Ланхем, 2020.

УДК 502.211:631.5

**Калюжна В.В., аспірантка**

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
[vita.kalu1997@gmail.com](mailto:vita.kalu1997@gmail.com)

## МЕТОД АНАЛІЗУ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТУ

Аналіз спектральних характеристик ґрунту базується на вимірюванні електричної провідності ґрунту при різних частотах. При цьому застосовуються методи аналізу спектрів, такі як дискретне перетворення Фур'є (ДПФ) або швидке перетворення Фур'є (ШПФ). Для вимірювання спектральних характеристик ґрунту використовуються спеціальні пристрої, такі як імпедансметри. Ці пристрої дозволяють вимірювати імпеданс ґрунту, який може бути перетворений у електричну провідність.

Аналіз спектральних характеристик ґрунту дозволяє оцінити взаємозв'язки між такими параметрами ґрунту, як вологість, щільність, склад, структура та інші. За допомогою аналізу спектрів можна визначити, які параметри ґрунту найбільше впливають на його електричну провідність при різних частотах.

Зазвичай спектральний аналіз ґрунту проводять при частотах від 1 Гц до 1 МГц. На основі аналізу спектрів можна визначити наявність різних фізичних процесів, що відбуваються в ґрунті, таких як електролітична дисоціація, поляризація та інші. Також можна визначити параметри ґрунту, які впливають на швидкість поширення електричних хвиль в ньому.

Метод прогнозування змін параметрів ґрунту на основі аналізу спектральних характеристик. Основна формула для прогнозування змін параметрів ґрунту на основі спектральних характеристик має вигляд:

$$y(t+1) = f(x(t), x(t-1), \dots, x(t-n)),$$

де  $y(t+1)$  – значення параметра ґрунту, який прогнозується на момент часу  $t+1$ ;

$x(t), x(t-1), \dots, x(t-n)$  – спектральні характеристики ґрунту на момент часу  $t, t-1, \dots, t-n$ ;

$f$  – функція прогнозування, яка моделює залежність між спектральними характеристиками та параметрами ґрунту.

Для прогнозування змін параметрів ґрунту на основі аналізу спектральних характеристик можна використовувати методи машинного навчання, зокрема, нейронні мережі. Нейронні мережі можуть використовуватися для моделювання взаємозв'язків між параметрами ґрунту та їх спектральними характеристиками.

Для застосування нейронних мереж для прогнозування змін параметрів ґрунту необхідно створити набір даних, який містить інформацію про спектральні характеристики ґрунту та відповідні значення параметрів ґрунту, які були виміряні в попередні моменти часу. Цей набір даних використовується для тренування нейронної мережі, яка здатна прогнозувати зміни параметрів ґрунту на основі спектральних характеристик. Основні етапи роботи з нейронними мережами включають підготовку даних, тренування мережі та оцінку її результатів. Підготовка даних включає в себе збір та підготовку набору даних, який буде



використовуватись для тренування мережі. Цей набір даних має містити інформацію про спектральні характеристики ґрунту та відповідні значення параметрів ґрунту, які були виміряні в попередні моменти часу. Дані можуть бути зібрані з різних джерел, таких як станції моніторингу ґрунту, сільськогосподарські дослідні станції або лабораторні експерименти. Тренування мережі полягає в тому, що мережа навчається прогнозувати значення параметрів ґрунту на основі спектральних характеристик. Для цього використовується набір даних, розділений на тренувальний та валідаційний набори. Тренувальний набір використовується для навчання мережі, а валідаційний набір використовується для перевірки точності прогнозування мережі на даному етапі.

Оцінка результатів роботи мережі проводиться за допомогою різних метрик, таких як середня квадратична помилка (MSE):  $MSE = (1/n) * \sum (y - y_{pred})^2$ , де  $n$  – кількість спостережень,  $y$  – спостережуване значення,  $y_{pred}$  – прогнозоване значення; середня абсолютна помилка (MAE):  $MAE = (1/n) * \sum |y - y_{pred}|$ , та коефіцієнт детермінації ( $R^2$ )  $R^2 = 1 - (SS_{res}/SS_{tot})$ , де  $SS_{res}$  – сума квадратів помилок (residual sum of squares),  $SS_{tot}$  – загальна сума квадратів (total sum of squares). Ці метрики дозволяють оцінити точність прогнозування мережі та визначити необхідність її додаткової настройки.

Застосування нейронних мереж для прогнозування змін параметрів ґрунту на основі спектральних характеристик може бути використано в різних сферах, пов'язаних зі землеробством та будівництвом. Наприклад, у землеробстві вони можуть допомогти в оцінці якості ґрунту та визначенні оптимальних умов для росту рослин. В будівництві нейронні мережі можуть бути використані для прогнозування підвищення рівня ґрунтових вод, що може вплинути на міцність фундаментів будівель та інфраструктури.

Крім того, з використанням нейронних мереж можна досліджувати зв'язки між параметрами ґрунту та середовища, що дозволяє отримати нові знання про природні процеси та розробляти нові методи оцінки екологічного стану ґрунтів.

Однак, варто пам'ятати, що успішне застосування нейронних мереж для прогнозування змін параметрів ґрунту залежить від якості та репрезентативності набору даних, використаних для тренування мережі. Також важливим фактором є відповідність архітектури мережі та її параметрів конкретній задачі прогнозування.

**Висновок.** Отже, використання нейронних мереж є перспективним напрямком для прогнозування змін параметрів ґрунту на основі спектральних характеристик, що може допомогти в розробці нових методів управління земельними ресурсами та будівництві стійких до екологічних викликів інфраструктурних об'єктів.

#### Список посилань

1. Sposito G. (2013) *The Chemistry of Soils*. Oxford University Press.
2. Adu MO, Asante KO, and Afrifa GA (2020) Machine Learning Models for Prediction of Soil Properties: A Review. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IAEIS)*, 11(3), 50-66.
3. Miao Y, He Y, Cui Z, and Wang X (2019) Deep Learning Models for Soil Property Prediction: A Review. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 21(4), 849-863.
4. Minasny B, Malone BP, and McBratney AB (2005) Neural network models for predicting soil organic carbon. *European Journal of Soil Science*, 56(4), 435-443.
5. Zhang J, Li J, Li Y, and Cao H (2017) Prediction of Soil Properties using Spectral Information and Machine Learning Techniques. *Journal of Sensors*, 2017, 1-10.
6. Nocita M, Stevens A, van Wesemael B, Aitkenhead M, and McBratney AB (2013) Soil organic carbon prediction by hyperspectral remote sensing and field vis-NIR spectroscopy: An application in southwestern Australia. *Geoderma*, 206, 153-163.
7. Pasolli L, Schellenberger J, Fuchsberger J, Gutmann M, Reischer GH, and Sommer R (2021) Machine learning for predicting soil organic carbon from visible/near-infrared reflectance spectroscopy and environmental variables. *Science of The Total Environment*, 770, 145399.
8. He Y, Luo Y, Chen Z, and Zhang Y (2019) A Novel Method for Soil Organic Carbon Estimation Based on Machine Learning. *IEEE Access*, 7, 167522-167530

УДК 004.8:378.14

Власенко Л.О., канд. техн. наук, доцент

Тютюн А.В., студентка

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, vlasenko.lidia1@gmail.com

## ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

Актуальним питанням сьогоденного освітнього процесу є розвиток інклюзивного навчання. Даний процес регулюється низкою правових документів, які охоплюють нормативно-правове забезпечення, навчально-методичне забезпечення, інституційні зміни, заміну/адаптацію/модернізацію програмно-апаратного забезпечення, модернізацію вищої педагогічної освіти і системи підвищення кваліфікації педагогічних кадрів. Зокрема, в [1] зазначається необхідність впровадження в освітній процес інклюзивних та інтегрованих спеціальних підручників та наочно-дидактичними матеріалами з урахуванням контингентів учнів та студентів з особливими освітніми потребами. Також окремо увагу приділено побудові індивідуальної траєкторії навчання. В зв'язку з цим традиційні методи навчання не задовольняють поставленим вимогам. Отже, слід вводити новітні методи, підходи, методології. Великі можливості надає штучний інтелект.

Штучний інтелект (ШІ) давно визнано технологією, що здатна зробити життя людей комфортнішим, а наукові дослідження більш точними й швидкими. Маючи багато сфер застосування, наразі штучний інтелект все більше популяризується в освіті, зокрема коли йдеться про освіту людей з обмеженими можливостями.

Програмне та апаратне забезпечення, побудоване на основі штучного інтелекту надає багато переваг для забезпечення кращого навчального процесу, адже ШІ може мати:

- **Здатність обробляти людські мови.**
- **Соціальний та емоційний інтелект.** Разом з можливістю «розуміння» природних мов, ця характеристика робить моделі штучного інтелекту сприйнятливими до настрою та характеру людини.
- **Здатність зчитування інформації з картинок.** Це надзвичайно важливо для людей з вадами зору, а сучасні моделі ШІ з великою точністю здатні визначити, що зображено на екрані.
- **Обробку мовлення,** що забезпечує взаємодію з людьми з вадами зору і дислексією (неможливість нормального читання за відсутності проблем з розвитком, слухом та зором).
- **Адаптивність.** Всередині мереж обчислювань, що складають моделі штучного інтелекту, алгоритми розрахунків здатні динамічно змінюватися в залежності від зовнішніх реакцій.

Бачимо, що ШІ може принести багато покращень у процес навчання. Можливість пристосовуватися до характерів користувачів забезпечує персоналізований підхід до людей з різними потребами. До того ж, обчислення, виконувани моделі ШІ, є надзвичайно швидкими, отже такими ж є і їх відповіді на запити користувачів. Ще однією перевагою є те, що, на відміну від людей, ШІ здатний цілодобово забезпечити своєю підтримкою. Тому це ідеальна технологія для дистанційних систем навчання.

Розглянемо детально приклади застосування ШІ з метою допомоги людям з обмеженими можливостями. Одним з них є технологія телеприсутності. Телеприсутність, за визначенням в роботі [2] – це «набір технологій, що дозволяє користувачеві, наприклад за допомогою спеціальних пристроїв (телекерованих роботів), отримати враження того, що він знаходиться і/або впливає на місце, відмінне від його фізичного місця розташування».

Системи, що забезпечують телеприсутність, можуть варіюватися за своєю складністю та здатностями. Найдосконаліші системи спроможні майже повністю симулювати присутність

в іншому місці, відтворюючи зображення в реальному часі перед очима людей і відслідковуючи рухи їх голів для форматування зображення. Монітори часто закривають все поле зору людей, що робить телеприсутність схожою на віртуальну реальність.

Наступним застосуванням ШІ в навчанні є створення роботів для моделювання соціальної поведінки. В [3] зазначається, що зароджується тренд на їх застосування для дітей з аутизмом. Роботам надають такий вигляд, який цими дітьми сприймається краще за все (наприклад плюшевої іграшки). Роботи адаптують свою поведінку під дітей, допомагають вивчати світ, налаштовують з ними комунікацію, що максимально наближена до справжньої та не викликає в дитини негативної реакції. Роботи не замінюють людей, але є корисною підтримкою, особливо у періоди, коли достатня кількість міжособистісної взаємодії не можлива, як було за часів пандемії.

Раніше вже згадувалося, що штучний інтелект здатний допомогти людям з порушеннями слуху й зору. Моделі ШІ можна навчити розуміти жестову мову, а ефективність перекладу мовлення в текст і навпаки допомагає набагато швидше пояснити щось. Створюється нове й дуже корисне апаратне забезпечення, наприклад, окуляри, що відображають текст на лінзах [3, 4]. Такі гаджети не лише зручні, але й наближують можливості спілкування до тих, які мають люди без вад органів чуття.

ШІ також інтегрується у звичний процес навчання наживо. Звичайно, він не повинен замінити живе спілкування з викладачами, але його слід використовувати для підвищення ефективності їх роботи. Як влучно зазначено в [4, 5], багато часу та сил у працівників навчальних закладів віднімають паперові справи та рутинна перевірка робіт студентів. Із застосуванням ШІ це навантаження вдасться зменшити, і викладачі зможуть набагато більше часу приділити саме роботі з учнями та краще персоналізувати підхід до них.

Ще одним застосуванням штучного інтелекту може бути аналіз ефективності тих чи інших заходів в освіті. Він здатний обробити величезну кількість даних та помітити дуже багато залежностей, щоб скласти детальну і точну характеристику загального результату. Таке дослідження описано в [3], де за допомогою досягнень машинного навчання (область ШІ) планується дослідити ефективність тесту DIBELS (Dynamic Indicators of Basic Early Literacy Skills – динамічні показники базових навичок ранньої грамотності) у виявленні дислексії серед учнів початкових шкіл.

Отже штучний інтелект має надзвичайно великий потенціал у сфері освіти людей з обмеженими можливостями. На жаль, в Україні ступінь інтеграції ШІ в навчальних системах ще доволі низький, але ситуацію можна швидко покращити, зокрема за допомогою співпраці з іноземними організаціями, що вже досягли прогресу в цьому і готові поділитися досвідом.

### Список посилань

1. Про затвердження Концепції розвитку інклюзивного навчання. Наказ Міністерства освіти і науки України №912 від 01.10.2010 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-kontseptsii-rozvitku-inklyuzivnogo-navchannya>
2. Телеприсутність [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%83%D1%82%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C>
3. How Robots Can Assist Students With Disabilities [Electronic source]. – Access: <https://www.nytimes.com/2022/03/29/technology/ai-robots-students-disabilities.html>
4. Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development [Electronic source]. – Access: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994>
5. Artificial intelligence in education | UNESCO [Electronic source]. – Access: <https://www.unesco.org/en/digital-education/artificial-intelligence>

УДК 004.383.4:378.147

Криворучко О. В., докт. техн. наук, професор  
Шестак Я. І., ст. викладач, здобувач PhD  
Захаров Р. Г., здобувач PhD

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, shestack@knute.edu.ua

## МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Діяльність закладу вищої освіти (ЗВО) залежить від ефективності роботи інформаційних систем (ІС), правильної побудови інтерфейсів зав'язків між підсистемами. До бізнес-процесів структурних відділів/підрозділів ЗВО віднесено процеси, що забезпечують підтримку освітньої діяльності, у тому числі: розробка навчальних планів; планування навантаження викладачів; облік фактично відпрацьованого навантаження та відхилень між плановим та фактичним навантаженням; контроль виконання розпоряджень; ведення протоколів тощо. Для аналізу зазвичай використовують найпоширеніші ІС ЗВО: системи фінансового обліку та звітності, електронне діловодство, система керування освітнім процесом та WEB-сайт ЗВО [1].

Як приклад, розглянемо взаємодії набору даних факультету одного з Британських університетів. UKfaculty: Friendship network of a UK university faculty. Персональний набір даних факультету Британського університету, який складається з 81-го вузла та 817-ти направлених зв'язків. Факультет складається з трьох шкіл. Кожен з вузлів містить атрибути в яких зберігається інформація про належність вузла до тієї чи іншої школи. На рисунку 1 зображено структуру набору даних UKfaculty.

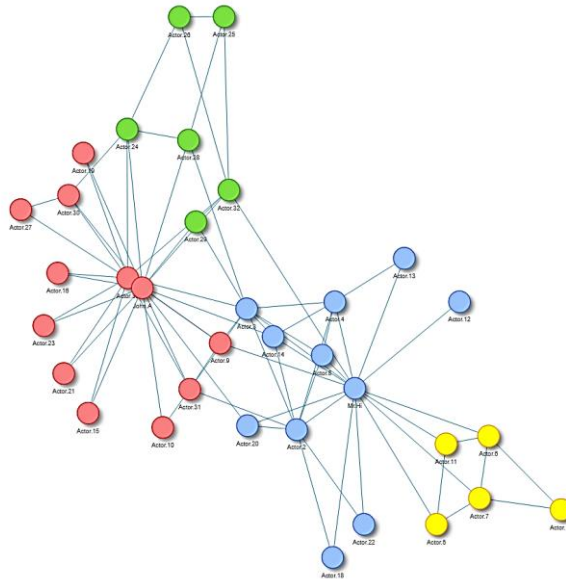


Рис. 1 – Структура мережі UKfaculty Британського університету.

Існує значна кількість алгоритмів пошуку взаємодії множин та підмножин в роботі ІС. Кожен з них оптимізує певні характеристики множин і базується на вже сформованих мірах. В даний час не існує універсального алгоритму кластеризації, що зумовлено природою мереж. Мережі можуть бути як динамічні так і статичні. Різниця між такими мережами є дуже значущою, бо фундамент на якому базуються алгоритми має різне походження.

По результатам проведених досліджень слід звернути увагу на класифікацію структурних частин ІС та їх видів; вказати основні та сучасні алгоритми пошуку взаємозв'язків множин та підмножин ІС, встановити алгоритми та галузь використання; визначити основні параметри, які описують якість алгоритму пошуку.

Як результат, виконано оцінку функціональної повноти ІС, призначених для автоматизації процесів управління структурними відділами/підрозділами ЗВО, на підставі яких можна здійснити раціональний вибір ІС стосовно умов конкретного об'єкта, а саме з урахуванням фінансових можливостей користувачів системи.

Постійно виникає питання формування ІС та моделі знань. Зазвичай розробляється модель на базі онтологічного підходу. Структуру знань можна подати у вигляді онтології. Онтологія - це модель предметної галузі, що систематизує знання, і є релевантною. Відповідно до компетентнісного підходу модель визначає, який набір елементів повинен мати сайт ЗВО, до виконання яких завдань він повинен бути готовий і який у нього має бути ступінь його функціональності [2].

Для різних систем, які використовуються в ЗВО це може бути зовсім різний набір підсистем для кожного з відділів, які забезпечують роботу ЗВО. У процесі ринкових змін може змінитися уявлення самої потреби розміщення даних на сторінках головного сайту ЗВО. Тому важливим завданням стає точне та своєчасне визначення значущого набору інформації, яка буде забезпечувати правильне та достовірне наповнення інформаційної інфраструктури ЗВО. Ця проблема може бути вирішена шляхом розробки моделі оцінки потреб користувача в наповненості інформаційної інфраструктури та її подальшого використання на всіх етапах роботи ІС. Для наповнення бази про інфраструктуру ЗВО базовими елементами пропонується використовувати систему математичних моделей, що оптимізує структуру елементів, що забезпечують функціональність системи, що враховує тенденції та досвід інших ЗВО та специфіку конкретного ЗВО. У системі моделей поставлено завдання лінійного програмування, коефіцієнтами цільової функції якої виступають підмножини, що наповнюють інформаційну інфраструктуру. Ці оцінки обчислюються як коефіцієнти рівняння регресії, що описує залежність рівня вагомості кожного елемента системи від її необхідності відображення та її інформативності. Математична модель запропонована у такому вигляді [1]:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_j * X_{ij} \rightarrow \max, X_{ij} \geq 0 \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} \leq B, X_{ij} \geq 0 \quad (2)$$

де:  $X_{ij}$  – число вагомості відображення  $j$ -того ключового аспекту відділу ЗВО  $i$ -тій структурі ІС;

$C_j$  – оцінка ключового аспекту;

$B$  – загальна кількість відведена в ІС для кожного відділу.

Отже, при побудові моделі роботи інформаційної інфраструктури ЗВО доречно використати метод онтологічного аналізу. Відповідно до нього модель інформаційної інфраструктури є повним описом всіх її понять, а також набір базових семантичних відносин, що визначають структуру ІС. В основі онтології лежать класи, об'єкти, їх властивості та обмеження, що реалізують уявлення про об'єкти, як про безліч сутностей, що характеризуються деяким переліком властивостей. Як результат повного опису об'єктів та їх властивостей, предметна область визначена як складна інформаційна інфраструктура бази знань ЗВО.

#### Список посилань

1. Проектування інформаційних систем: Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 122 “Комп'ютерні науки” для всіх спеціалізацій / Укладачі: Л. М. Добровська, О.В. Аверьянова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,043 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021 – 202 с.

2. Цюцюра, М. , Цюцюра, С. , Криворучко, О. і Тао, Л. 2022. Методика гармонізації рішень дивергентної методології розвитку закладів вищої освіти. Управління розвитком складних систем. 50 (Чер 2022), 85–92. DOI:<https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.50.85-92>.

УДК 004.62

Красько Б.В., аспірант

Грицюк П.М., докт. екон. наук, професор

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,

b.v.krasko@nuwm.edu.ua

## ОГЛЯД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МАСШТАБУВАННЯ РЕСУРСІВ В ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

В останні роки хмарні обчислення стали важливим елементом в інформаційній технології та бізнес-середовищі. Хмарні обчислення надають можливість користувачам зберігати та обробляти дані без необхідності володіти складними обчислювальними ресурсами. Однак зростання обсягів даних та потреби у масштабуванні системи стає все складнішим завданням для розробників та користувачів. Розглянемо сучасні методи масштабування ресурсів в хмарних середовищах, що дозволять забезпечити ефективність та масштабованість роботи системи при зростанні обсягу даних та завантаження на систему.

Віртуалізація ресурсів та контейнеризація є двома найпоширенішими методами масштабування ресурсів в хмарних середовищах. Віртуалізація забезпечує масштабування ресурсів шляхом розділення фізичних серверів на віртуальні екземпляри. Кожен віртуальний екземпляр може бути масштабований, що дозволяє збільшувати або зменшувати розмір сервера в залежності від потреб користувачів.

Контейнеризація, з іншого боку, дає змогу масштабувати додатки та сервіси за допомогою контейнерів. Контейнери забезпечують ізольований середовище для додатків, що дозволяє масштабувати окремі складові системи незалежно від інших.

Окрім цього, автоматичне масштабування є ще одним методом, який дозволяє автоматично збільшувати або зменшувати розмір серверів в залежності від потреб користувачів. Система автоматично виявляє навантаження та масштабує ресурси, щоб забезпечити високу доступність та продуктивність [1].

До того ж, масштабування горизонтально є методом, який дозволяє збільшувати кількість ресурсів, додаючи нові сервери або віртуальні машини до хмарної інфраструктури. При масштабуванні горизонтально, навантаження рівномірно розподіляється між декількома серверами, що дозволяє забезпечити високу доступність та продуктивність. Цей метод є особливо ефективним для додатків з високим навантаженням на вхідні дані, таких як веб-сайти або мобільні додатки [2].

Масштабування вертикально - це метод, який дозволяє збільшувати потужність одного сервера або віртуальної машини, замість додавання нових серверів до інфраструктури. Цей метод може бути ефективним для додатків, які потребують великої обчислювальної потужності, таких як бази даних або великі обчислювальні задачі [3].

Шарування додатків - це метод, який дозволяє розділити додатки на різні шари або модулі, які можуть бути масштабовані незалежно один від одного. Цей метод дозволяє забезпечити більш гнучке масштабування та зменшення витрат на масштабування, оскільки окремі компоненти можуть бути масштабовані лише тоді, коли це необхідно.

Узагальнюючи, масштабування ресурсів в хмарних середовищах - це процес забезпечення високої доступності та продуктивності додатків та сервісів, що використовуються в хмарних середовищах. Для цього використовуються різні методи масштабування ресурсів, такі як віртуалізація, контейнеризація, автоматичне масштабування, масштабування горизонтально, масштабування вертикально та шарування.

Для кращого розуміння сучасних методів масштабування ресурсів в хмарних середовищах, варто розглянути детальніше кожний з цих методів.



Першим методом є віртуалізація, яка дозволяє розділити фізичні ресурси на декілька віртуальних машин. Цей метод забезпечує більш ефективне використання ресурсів, оскільки декілька віртуальних машин можуть використовувати один фізичний ресурс.

Другим методом є контейнеризація, яка дозволяє розділити додатки на ізольовані контейнери, що забезпечує більш ефективне використання ресурсів та знижує витрати на масштабування. Контейнеризація також дозволяє швидко розгорнути нові контейнери та додавати ресурси за необхідності.

Третім методом є автоматичне масштабування, яке дозволяє автоматично додавати або зменшувати ресурси залежно від навантаження на додаток або сервіс. Цей метод дозволяє забезпечити високу доступність та продуктивність додатків та сервісів, що використовуються в хмарних середовищах, і знижує витрати на масштабування.

Четвертим методом є масштабування горизонтально, яке дозволяє додавати нові сервери до інфраструктури, щоб розподілити навантаження між ними. Цей метод може бути корисним для додатків з великою кількістю користувачів, де потрібно розподілити навантаження між декількома серверами.

П'ятим методом є масштабування вертикально, яке дозволяє збільшувати потужність одного сервера або віртуальної машини, замість додавання нових серверів до інфраструктури. Цей метод може бути ефективним для додатків, які потребують більшої обчислювальної потужності, таких як бази даних або великі обчислювальні задачі.

Шостим методом є шарування додатків, яке дозволяє розділити додатки на різні шари або модулі, які можуть бути масштабовані незалежно один від одного. Цей метод дозволяє забезпечити більш гнучке масштабування та зменшення витрат на масштабування, оскільки окремі компоненти можуть бути масштабовані лише тоді, коли це необхідно [4].

Усі ці методи можуть бути використані в комбінації один з одним для досягнення оптимального рівня масштабованості та продуктивності додатків та сервісів в хмарних середовищах. Вибір методу залежить від потреб додатку, обсягу даних, кількості користувачів та інших факторів [5].

У сучасних хмарних середовищах масштабування ресурсів є ключовим елементом, що дозволяє забезпечувати високу доступність та продуктивність додатків та сервісів. Застосування різних методів масштабування, таких як горизонтальне та вертикальне масштабування, автоматичне масштабування, контейнеризація та алгоритми розподілення навантаження, дозволяє розширювати ресурси в хмарних середовищах та забезпечувати високу доступність та продуктивність додатків. Кожен метод має свої переваги та недоліки, тому вибір методу масштабування залежить від конкретних потреб та обмежень. Загалом, розуміння різних методів масштабування дозволяє розробникам та адміністраторам хмарних середовищ забезпечувати оптимальне використання ресурсів та мінімізувати час відповіді для кінцевих користувачів.

#### Список посилань

1. Garg, S. K. (2011). *Cloud computing: a primer*. CRC Press.
2. Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. *National Institute of Standards and Technology*, 53(6), 50.
3. Mistry, H. R., & Patel, P. (2016). Comparative study of vertical and horizontal scaling of cloud computing service. In *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)* (pp. 1817-1821). IEEE.
4. Verma, A., & Kaushik, S. (2012). A survey on the recent researches in cloud computing. *International Journal of Computer Science and Engineering Survey*, 3(4), 29-37.
5. Buyya, R., Yeo, C. S., Venugopal, S., Broberg, J., & Brandic, I. (2009). Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation Computer Systems*, 25(6), 599-616.

УДК 004.9

Золотенкова Т. С., студентка  
Національний авіаційний університет, м. Київ, [Taiszet@gmail.com](mailto:Taiszet@gmail.com)

## АНАЛІЗ РЕКУРЕНТНИХ ДІАГРАМ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ХВОРОБИ АЛЬЦГЕЙМЕРА НА РАННІХ СТАДІЯХ

Хвороба Альцгеймера є поширеним нейродегенеративним захворюванням, що впливає на функції пам'яті та пізнавальні процеси людини. Виявлення цієї хвороби на ранніх стадіях є надзвичайно важливим для її успішного лікування та збереження якості життя пацієнтів. Моделювання мозку, як динамічної системи означає розглядати його як систему, що розвивається з часом, де зміна стану впливає на подальшу динаміку системи, така модель є нелінійною.

Рекурентні діаграми та кількісний аналіз рекурентності є методами нелінійної динаміки, вони дають змогу отримати додаткову інформацію про зміни в мозковій активності людини за рахунок виявлення структурних зв'язків між біологічними сигналами. Таку додаткову інформацію складно отримати іншими методами.

Рекурентна діаграма є двовимірним графіком, що відображає значення елементів рекурентної матриці і показує повторення станів (рекурентність) динамічної системи. Елементи рекурентної матриці обчислюють за формулою:

$$R_{i,j}^{m,\varepsilon_i} = \theta(\varepsilon_i - \|x_i - x_j\|), \quad i, j = 1 \dots N,$$

де  $N$  – кількість розглянутих станів;

$x_i$ ;  $\varepsilon_i$  – розмір околиці точки  $x$  в момент  $i$ ;

$\| \ \|$  – норма вектора;

$\theta(\ )$  – функція Хевісайда [1, 2].

Кожна точка на діаграмі представляє окремий стан динамічної системи. Точки, відстань між яким не перевищує попередньо встановлений поріг  $\varepsilon_i$ , вважаються рекурентними.

Рекурентна діаграма – графічний інструмент для візуалізації рекурентних залежностей, що створюється у середовищі MATLAB. Для побудови рекурентних діаграм і обчислення їх кількісних характеристик використовується програмне забезпечення [3] з додатковими розробленими скриптами.

Після побудови рекурентних діаграм і обчислення їх кількісних характеристик на основі даних пацієнтів, проводиться аналіз між різними групами, виявлення відмінностей у характеристиках рекурентних діаграм, або кольорового спектру на діаграмах. Для аналізу результатів застосовуються статистичні методи або інструменти доступні у MATLAB середовищі.

Переваги методу аналізу рекурентних діаграм:

- виявлення хвороби на ранніх етапах;
- візуалізація зв'язків між станами системи;
- отримання додаткової інформації про характеристики мозкової активності.

Одним із важливих аспектів використання методу є напрацювання більшої бази даних для достовірності отриманих аналізів. Використання аналізу рекурентних діаграм може покращити статистику прогнозів та результатів лікування людей із хворобою Альцгеймера.

### Список посилань

1. Knight A. P., Kennedy D. M. & McComb S. A. (2016). Using recurrence analysis to examine group dynamics. *Group Dynamics: Theory, Research, and Practice*, 20, 230-240.
2. N. Marwan, M. C. Romano, M. Thiel, J. Kurths: Recurrence Plots for the Analysis of Complex Systems, *Physics Reports*, 438(5–6), 237–329 (2007). DOI:10.1016/j.physrep.2006.11.001
3. Cross Recurrence Plot Toolbox 5.24. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tocsy.pik-potsdam.de/CRPtoolbox/>

УДК 004.2

Роговенко А.І., канд. техн. наук

Національний університет «Чернігівська політехніка», arogovenko@gmail.com

## ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ОХОРОННИХ БПЛА

Одним з напрямків використання БПЛА в сфері охорони є організація систем типу «Рій дронів». Основною особливістю таких систем є використання декількох літальних апаратів для вирішення охоронних задач. Апаратне забезпечення такої системи своєю структурою дещо відрізняються від забезпечення типових широко розповсюджених БПЛА. Зокрема, апаратне забезпечення суттєво ускладнюється, так як окремі БПЛА частину функцій оператора мають виконувати в автономному режимі.

Виходячи з аналізу існуючих систем БПЛА [1] можна виділити базову структуру апаратного забезпечення, елементи якої є обов'язковими при проектуванні. Але в залежності від задач системи, базова структура має розширяться за рахунок спеціалізованих елементів.

Побудові структури апаратного забезпечення мають передувати три етапи визначення технічної реалізації [2]:

Перший етап - формування задач та вимог до конкретної системи охоронних БПЛА.

Другий етап - формування в загальних рисах варіантів реалізації систем які б задовольняли вимогам сформульованим на першому етапі. На цьому етапі бажано використовувати досвід існуючих розробок.

Третій етап - порівняння обраних альтернативних варіантів.

Для проектування структури та визначення задач використаєм загальновідомі принципи побудови апаратури [3]:

**Принцип модульності.** Базується на побудові апаратного забезпечення СО БПЛА на основі окремих модулів. Вони мають бути уніфікованими, легкозмінними, ремонтпридатними, та підтримувати масштабування системи. Такий підхід забезпечує відкритість архітектури, що дає можливість в подальшому модернізувати СО БПЛА за рахунок заміни старих модулів на нові вперше розроблених. Також відкрита архітектура дає можливість модифікувати систему під особливості об'єкта, що охороняється.

**Принцип уніфікації.** Створення апаратного забезпечення яке б можна було встановлювати на БПЛА різних типів та виробників. В даному випадку повна уніфікація не можлива. Найкращий варіант, це орієнтуватися на базову апаратну платформу з можливістю формування на її основі модифікацій в залежності від потреб та особливостей об'єкту, що охороняється. Такий варіант забезпечує виконання принципу базовості.

Базуючись на принципах побудови апаратури та практичному досвіді побудови існуючих систем, в апаратному забезпеченні СО БПЛА можна виокремити дві підсистеми:

- Бортова підсистема - апаратура розміщена на борту окремого БПЛА
- Наземна підсистема - апаратура розміщена на землі, в пункті керування.

Бортова підсистема має складатися з основної, не змінної частини та набору додаткових модулів. Основна частина має бути максимально уніфікованою й вона має складатися з системи управління, навігації та зв'язку.

Наземна підсистема має тільки основну незмінну частину, та складається з систем керування, відображення та зв'язку.

Обидві підсистеми мають забезпечувати завадостійкий зв'язок. Структура системи охоронних БПЛА наведена на рис. 1.

Суттєву увагу слід приділити розподіленню функцій між цими системами. Якщо забезпечити бортову систему додатковим модулем, обчислювальна потужність якого

дозволить обробляти отриману інформацію, це знизить навантаження на систему зв'язку, оскільки передаватися буде лише оброблена інформація. Також це дозволить скоротити час прийняття рішень. Тобто цей підхід піднімає рівень автономності системи та знижує її централізацію. Передбачається, що БПЛА будуть працювати в повністю автоматичному режимі, що потенційно може призвести до збільшення помилок в діях, тому система керування має бути адаптивною та гнучкою, та підтримувати режим ручного керування.

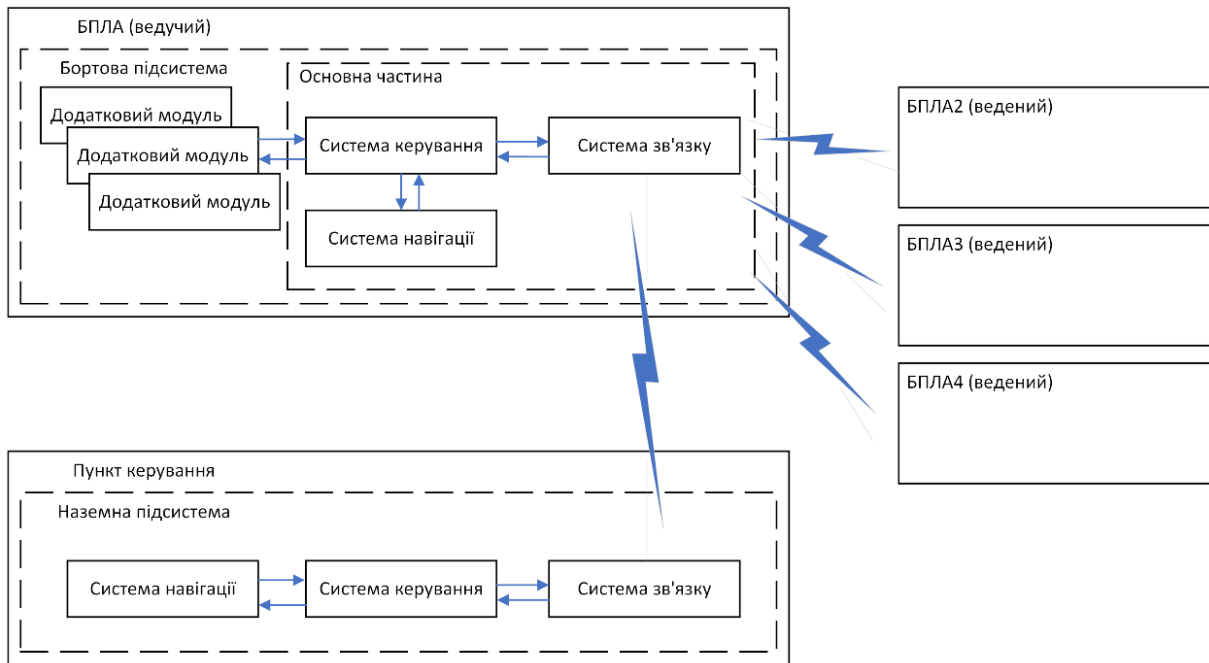


Рис. 1 – Структура апаратного забезпечення СО БПЛА.

Відповідно до мережево-центричного (Network-centric) принципу [4] БПЛА має функціонувати в одному інформаційному просторі одночасно і як керуючий і як підлеглий елемент системи, або як джерело та споживач інформації одночасно. Для забезпечення цього принципу має бути організована підсистема зв'язку з захищеним та завадостійким каналом. Також апаратне та програмне забезпечення підсистеми керування, має забезпечувати спільну обробку інформації яку БПЛА отримав як власними засобами, так й ту що прийшла ззовні. На основі цієї інформації має автоматично прийматися рішення стосовно власних дій, дій підпорядкованих БПЛА, перерозподілу енергетичних та часових ресурсів. Такий підхід дасть можливість організувати роботу мережі з декількох БПЛА. Наземна підсистема за потреби може реконфігурувати мережу, та отримувати дані від елементів системи. В системі виділяється ведучий БПЛА який крім прийняття інформації від підлеглих (ведених) може ще й керувати ними. Будь який БПЛА системи може виконувати функцію як ведучого так і веденого. Роль БПЛА встановлюється в процесі реконфігурації.

#### Список посилань

1. A Survey of Small-Scale Unmanned Aerial Vehicles: Recent Advances and Future Development Trends Guowei Cai, Jorge Dias, Lakmal Seneviratne <https://doi.org/10.1142/S2301385014300017>
2. Theory of hierarchical multilevel systems Mesarovic, MD ; Macko, D ; Takahara, Y Burlington, MA: Elsevier, 2000. – 313 p.
3. Digital Design and Computer Architecture David Harris, Sarah Harris 2 ed – Elsevier Science & Technology ISBN: 9780123944245
4. Network-centric warfare and sensor fusion Haig Zsolt 2003 [ACADEMIC AND APPLIED RESEARCH IN MILITARY SCIENCE Volume 2 pp. 245-256.](http://hdl.handle.net/20.500.12944/1898) <http://hdl.handle.net/20.500.12944/1898>

Івасів І.Б., канд. техн. наук  
 Червінка Л.Є.  
 Червінка О.О.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, ihoreg@ukr.net

### КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛУ ДИФУЗНОГО ВІДБИВАННЯ СВІТЛА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ ПОВЕРХНЕВИХ МІКРОДЕФЕКТІВ

Важливою задачею ранньої діагностики корозії поверхні металу є оцінка концентрації та середнього розміру поверхневих мікрodefektів, що виникають внаслідок зосередження продуктів корозії в мікропорах поверхні. Оскільки розміри таких мікрodefektів становлять декілька мікрон [1, 2], то за малих концентрацій вони практично непомітні для ока. Застосування ж методів мікроскопії, якими зазвичай досліджують подібні дефекти, в польових умовах без відбору зразків є технічно недоцільним.

Як інструмент для польових досліджень можна застосовувати сенсор дифузного відбивання світла, описаний в [3]. Зондування здійснюється крізь прозору підкладку, виконану у формі перевернутої призми, основа якої служить робочою поверхнею (рис. 1). Зондувальний пучок сформовано так, щоб він фокусувався на скісній (приймальній) грані призми, де розміщена фотолінійка. Перевагою такої оптичної схеми є отримання сигналу з репрезентативної ділянки поверхні без застосування дорогої техніки сканування.

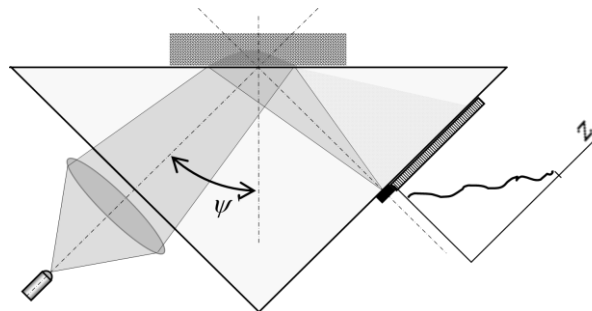


Рис. 1 – Оптична конфігурація призматичного сенсора дифузного відбивання світла

З іншого боку, в запропонованому сенсорі розподіл інтенсивності дифузно відбитого світла на елементах фотолінійки  $I_r(q)$ , де  $q$  – лінійна координата світлочутливого елемента фотолінійки, записується за допомогою складного інтегрального функціонала, що враховує як геометричні особливості сенсора та кутову характеристику джерела світла, так і поверхневий розподіл двопроменевої функції розподілу відбивної здатності, що залежить від концентрації та розміру розсіювачів світла (мікрodefektів) [4]. Це унеможливило аналітичний розв’язок задачі оцінювання розміру мікрodefektів, а також робить надто громіздкими традиційні числові алгоритми, базовані на мінімізації відхилення в евклідовій метриці вектора значень сигналу. Задача додатково ускладнюється випадковим характером розміщення мікрodefektів, що суттєво впливає на сигнали сенсора (рис. 2).

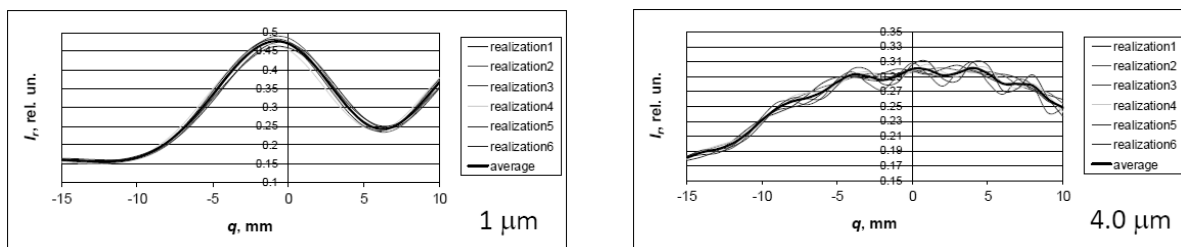


Рис. 2 – Сигнали сенсора дифузного відбивання світла для різних розмірів випадково розміщених мікрodefektів

В попередніх роботах авторів запропоновано оцінювати середній розмір мікрodefektів на основі методів машинного навчання, що базуються на інформаційних ознаках сигналу сенсора, попередньо визначених на «тренувальних» наборах сигналів для заданих розмірів мікрodefektів. Зокрема, в [5] використовується критерій гладкості обвідної сигналу. В [4] пропонується в якості метрики застосовувати різницю положень екстремумів обвідної сигналу, яка більш стійка до випадкового розташування мікрodefektів, але не вказано алгоритму для надійної оцінки середнього розміру.

В даній роботі оцінюється середній розмір мікрodefektів на основі кластерного аналізу двовимірного набору ознак сигналу, а саме: положення глобального максимуму та кількості екстремумів обвідної сигналу. Для цього здійснено моделювання сигналів сенсора дифузного відбивання світла для різних розмірів мікрodefektів в діапазоні 1...4 мкм із врахуванням їх випадкового розміщення. Результати подано на рис. 3.

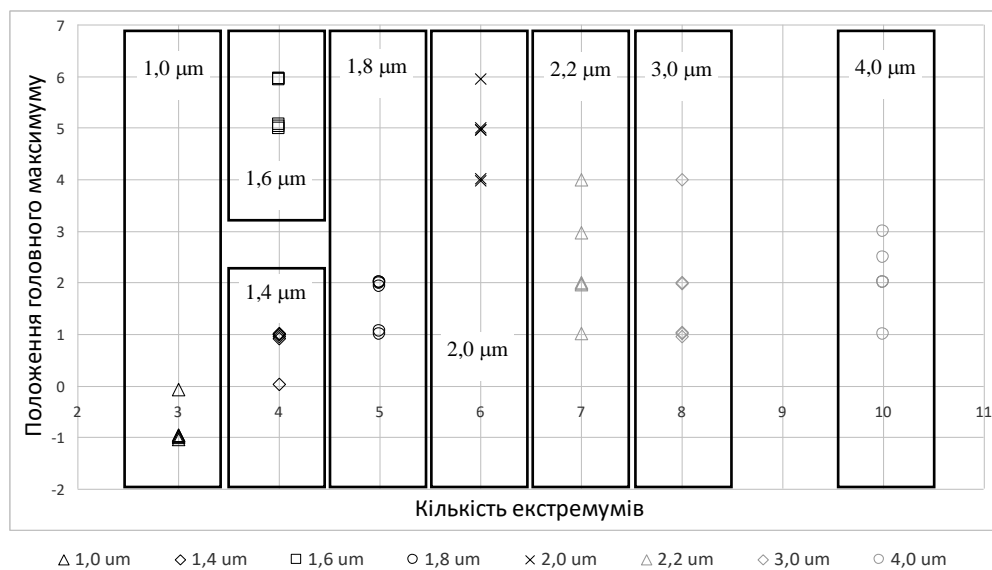


Рис. 3 – Кластеризація інформативних ознак сигналу

Як бачимо, вибраний набір ознак дає змогу надійно класифікувати поверхневі мікрodefekти за середнім розміром в дослідженому діапазоні, навіть без застосування методу опорних векторів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на встановлення меж діапазону розмірів мікрodefektів, в яких цей метод застосовний, та роздільної здатності за розмірами.

#### Список посилань

1. Структурна мікропошкоджувальність сталей парогонів ТЕС / О. П. Остап, А. І. Кондир, О. В. Вольдемаров, П. В. Гладиш, М. В. Куречко // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2009. – № 3. – С. 13 – 22.
2. Microengineering of Metals and Ceramics. Part II: Special Replication Techniques, Automation, and Properties, Vol. 4. / Н. Baltes, О. Brand, G. K. Fedder, Ch. Hierold, J. G. Korvink, O. Tabata, D. Löhe, J. Naußelt [Ed.]. – Wiley, 2005. – 306 p.
3. Сенсор дифузного відбивання світла для раннього виявлення пошкоджень лакофарбових покривів / Р. М. Джала, І. Б. Івасів, Л. Є. Червінка, О. О. Червінка // Відбір і обробка інформації. – 2015. – Вип. 42 (118). – С. 58 – 67.
4. Ivasiv, I.B. Estimation of errors in determining corrosion grain sizes by analysis of diffuse light reflection signal / I. B. Ivasiv. // Відбір і обробка інформації. – 2020. – Вип. 48(124). – С. 25 – 34.
5. Івасів, І.Б. Оцінка розмірів корозійних виразок за критерієм гладкості обвідної сигналу сенсора дифузного відбивання світла / І. Б. Івасів. // Відбір і обробка інформації. – 2016. – Вип. 44 (120). – С. 45 – 50.



УДК 004.054, 004.055

Юхимець Б.С., студент

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, м. Київ

[Bogdan.zhv@gmail.com](mailto:Bogdan.zhv@gmail.com)

## ВЕБ-ДОСТУПНІСТЬ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ

Наш світ різноманітний, а люди які його наповнюють мають різні можливості та потреби. Чи замислювались Ви про те, що 15% користувачів мають постійні, тимчасові чи ситуаційні перешкоди при взаємодії з Інтернетом? Існує багато типів користувачів з особливими потребами, для кожного типу є певні вимоги з веб-доступності. Accessibility – цей термін найчастіше вживається як позначення доступності сайту для користувачів з обмеженими можливостями. Наприклад, людям, які страждають на захворювання зорового апарату, такі як дальтонізм, сайт у традиційному вигляді може бути незручний для перегляду. Збільшуючи доступність продукту, тим самим підвищується його usability. Usability – ефективність і зручність, з якими користувач досягає поставленої мети. Досягнення 100% доступності означає можливість використання повного функціоналу продукту будь-якими користувачами.

**Незрячі користувачі** використовують програму зчитування з екрана, яка озвучує все, що знаходиться на екрані. Наведу приклад, щоб було зрозуміло, як це працює при роботі з сайтом: програма зчитування з екрану спочатку прочитає назву веб-переглядача та заголовок веб-сторінки, який відображається в рядку заголовка веб-переглядача або на вкладках у веб-переглядачі, а також коли сторінка додається до закладок. Потім програма зчитує сторінку зліва направо, яка, залежно від вмісту сторінки, може містити такий вміст, як логотип і слоган, деяку вступну інформацію, поле пошуку, область навігації і головну сторінку.

Вся інформація має бути представлена у вигляді тексту або через текстовий еквівалент, тобто альтернативний текст для зображень або інших нетекстових об'єктів. Програми зчитування з екрана не можуть безпосередньо читати нетекстову інформацію наприклад, зображення, але вони можуть читати альтернативний текст, який ви надаєте. Інформація не повинна передаватись лише візуальними атрибутами наприклад, кольором, просторовим розташуванням, товщиною тексту, виділенням фону. Не вся візуальна інформація доступна для програм зчитування з екрана. Навіть візуальні атрибути, які доступні для деяких програм зчитування з екрана, такі як колір тексту, зазвичай не повідомляються за замовчуванням.

Функції мають бути доступні лише за допомогою клавіатури. Незважаючи на те, що більшість незрячих користувачів фізично можуть використовувати мишу або тачпад, це не приносить їм особливої користі, оскільки вони не бачать, де знаходиться вказівник миші. Їм ефективніше орієнтуватися за допомогою клавіатури.

Контент повинен використовувати розмітку з хорошою структурою та семантикою заголовків, орієнтири, таблиці, списки. Користувачі програм зчитування з екрана часто відкривають списки заголовків, орієнтирів та інших семантичних елементів, щоб зрозуміти, що є на сторінці та мати можливість швидкого переходу за цими елементами. Усі користувацькі елементи керування наприклад, кнопки розгортання/згортання, регулятор гучності медіаплеєра, діалогові вікна повинні мати правильну назву/мітку, роль (або з HTML, або з ARIA).

**Люди зі слабким зором** можуть бачити, але їх зір не ідеальний навіть з потужними лінзами. Вони не бачать достатньо добре, щоб читати більшість друкованого тексту, якщо вони не збільшують його. Слабкий зір – це не одиничний стан. Це широка категорія, яка охоплює багато різних станів із різним ступенем погіршення. Читання дрібного тексту є надзвичайно складним завданням для користувача зі слабким зором. Їм може знадобитися

використовувати функцію збільшення екрана, як zoomtext або magic, яка одночасно показує невелику частину екрана. Коли екран збільшується, він збільшує частину екрана та відображає її з високою роздільною здатністю. Zoomtext і magic, має велику кількість функцій, які допомагають оптимізувати візуальний досвід для людей із слабким зором. Якщо на веб-сторінці вимкнено масштабування, то користувачі зі слабким зором, які використовують екранні лупи для читання вмісту, можуть не бачити належним чином інформацію на веб-сторінці. Весь текст має відповідати вимогам щодо контрастності фону, що можна перевірити за допомогою розширення для веб-переглядача доступності devtools Deque або подібного інструменту. Деякі користувачі зі слабким зором не можуть бачити низький контраст. Таким чином, текст, рамки та інші елементи можуть мати однакові або подібні відтінки яскравості. Текстові елементи, яскравість яких надто близька до фонових кольорів, може бути надзвичайно важкою для читання таким користувачам. Посилання, кнопки та елементи керування повинні мати видимий :focus стан і повинні мати видимий :hover стан. Інтерфейс користувача має забезпечувати чітке візуальне розмежування між вмістом, текстом і елементами керування, кнопками, посиланнями. Користувачі, які можуть бачити текст із низьким контрастом, можуть мати труднощі з визначенням того, чи діють елементи керування на веб-сторінці, оскільки ці елементи можуть змішуватися з навколишнім текстом і кольорами фону. Не використовуйте лише колір для передачі інформації. Оскільки кольори можуть виглядати схожими один на одного для дальтоніків, дуже важливо, щоб колір не використовувався як єдиний спосіб передачі чи розрізнення інформації.

**Проблема глухоти** полягає в доступності аудіо у форматі лише аудіо або аудіо в поєднанні з відео, як це часто буває. Для попередньо записаних лише аудіофайлів найкращим рішенням є розшифровка аудіо. Стенограма має включати всю розповідь, діалог та інші важливі звуки, як оплески, тріски, музика. Усний переклад відео мовою жестів може бути дуже корисним. Доступність для людей **з кількома обмеженими можливостями** залежить від конкретних потреб людини. Якщо необхідно, комунікацію слід підтримувати за допомогою доповнювальної та альтернативної комунікації, такої як мова жестів або комп'ютерне мовлення. Людям із кількома вадами також може бути корисно використовувати допоміжні технології, щоб допомогти подолати функціональні обмеження та підтримати спілкування.

Оскільки важко зрозуміти, що може знадобитися людині з кількома вадами, надання підтримки як допоміжних, так і альтернативних комунікаційних і допоміжних технологій, а також **дотримання стандартів доступності** є ключовими для того, щоб зробити фізичне та технологічне середовище більш доступним. Основні мотивації впровадження accessibility: 1. **Відповідальність та співпереживання.** Більшості людей, не дано побачити світ очима людини з обмеженими можливостями. Тому, дизайнери та розробники цифрових рішень та продуктів, мають подбати про доступність інформації для максимальної аудиторії. 2. **Конкурентна перевага:** підвищення відсотка задоволених користувачів.

Отже приділивши увагу простим правилам розробки продукту з accessibility, ІТ-спільнота може допомогти величезній кількості користувачів, надавши їм рівноцінний доступ до функціоналу сучасних додатків і сервісів.

### Список посилань

1. Майданюк В.П. Інтерфейс "Користувач-комп'ютер": Навчальний посібник / В.П. Майданюк, А.М. Петух. – Вінниця: ВДТУ, 1999. – 66 с.
2. Карпенко Н.В. Навчально-методичний посібник з дисципліни «Проектування інтерфейсу користувача» / Н. В. Карпенко // Д.:Ліра – 2018. – 72 с.
3. Mandel Theo. The Elements of User Interface Design. / T. Mandel – Wiley .– 1997. – 464 p.

УДК 004.62

Сторчак А.С., канд. техн. наук

Самойлов І.В. канд. техн. наук

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
storchakanton@gmail.com

## ВИКОРИСТАННЯ OSINT-ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНИХ СЕРВІСАХ

Питання комплексної допомоги військовим на полі бою, серед іншого, забезпечується шляхом пошуку та своєчасного надання інформації. Для цієї мети використовується OSINT – розвідка за допомогою публічно доступних даних. Аналізуються цифрові сліди, які користувачі залишають на відкритих платформах [1].

OSINT – це метод збору інформації з публічних або інших відкритих джерел, який можуть використовувати експерти з безпеки, національні розвідувальні агентства або кіберзлочинці. Метою використання кіберзахисниками є виявлення публічно доступної інформації, пов'язаної з їхньою організацією, яку можуть використовувати зловмисники. Одним з основних джерел розвідки, яке важко не помітити, є велика кількість публічно доступної інформації, яку створюють споживачі та блогери щодня [2]. Враховуючи великі обсяги інформації у різних форматах, виникає завдання скорочення часу збору інформації та підвищення надійності та повноти отриманих даних.

Для вирішення поставленого завдання доцільно проаналізувати засоби OSINT та розробити алгоритм використання OSINT-технології у сучасних сервісах.

Запропонований OSINT-алгоритм призначений передусім для вивчення об'єктів, які використовують соціальні мережі та сучасні сервіси (включаючи розважальні). Метою алгоритму є збір даних про групу людей на основі сервісів (TikTok, YouTube Shorts, тощо) з використанням публічно доступних засобів OSINT для аналізу, збору та обробки даних.

Для реалізації запропонованого алгоритму необхідно виконати послідовність дій:

Крок 1: Визначити основну мету операції OSINT. Проаналізувати засоби, які будуть використані для кожного окремого випадку (Shodan, Google Docker, Metagoofil, Whois і т.і.).

Крок 2: Вибрати робоче місце. Забезпечити безпечне підключення до Інтернету.

Крок 3: Обрати мобільний емулятор.

Крок 4: Поєднати засоби з кроків 2 і 3, у віртуальну машину. Створити обліковий запис у потрібному сервісі: використовувати ті ж дані, що й у об'єкта дослідження.

Крок 5: Максимально деталізувати отриману інформацію про об'єкт і застосовувати її при налаштуванні рекомендацій.

Крок 6: Зібрати дані, що отримано в результаті спостережень.

Крок 7: Визначити геопозицію об'єкта на основі отриманого масиву даних.

Крок 8: Деталізувати отримані в процесі розвідки персональні дані. Написати звіт.

Основою збору даних є низький рівень кібергігієни об'єктів дослідження, необережне ставлення до поширення своїх конфіденційних даних. Шляхом ефективного використання OSINT-інструментів та дотримання систематичного підходу можна отримати цінні відомості з публічно доступних даних. Ця інформація може бути вирішальною для різних завдань: військова розвідка, кібербезпека, правоохоронна діяльність. Але важливо зберігати баланс між збором даних для законних цілей і повагою до прав особистої приватності.

### Список посилань

1. NATO Open Source Intelligence Handbook [Electronic resource]. – Режим доступу: <https://archive.org/details/NATOOSINTHandbookV1.2>

2. Tanabe, Roberto & Albuquerque, Robson & Da Silva Filho, Demetrio & Alves-da-Silva, Daniel & Gondim, Joao. (2023). OSINT Methods in the Intelligence Cycle. 10.1007/978-3-031-30592-4\_4. / International Conference on Computer Science, Electronics and Industrial Engineering – pp.42-54.

УДК 004.415.25

Соловей О.Л., канд. техн. наук, доцент

Київський національний університет будівництва і архітектури, solovey.ol@knuba.edu.ua

Соловей Б.А., магістр

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

bsolovei25@gmail.com

## ВКЛЮЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО КРИТЕРІЮ БАССА В МАТЕМАТИЧНУ МОДЕЛЬ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРУ ОЗНАК

На сьогодні є добре задокументованим той факт, що модель машинного навчання, яка побудована на підмножині ознак, а не повному їх наборі має кращі властивості. В даній роботі визначено недолік математичної моделі методу обгортки (wrapper) та запропоновано зміни, з метою усунення визначеного недоліку. Задача вибору оптимальної підмножини ознак за методом обгортки для моделей машинного навчання, що належать до класу «навчання з вчителем» формулюється наступним чином. Задано:

1) набір даних який складається з ознак  $X = \{x_1..x_k\}$  та набір «вірних» значень ознаки-класу  $y = \{y_1..y_n\}$ , де  $k, n$  – кількість ознак та спостережень в заданому наборі даних.

2) набір методів відповідно до яких проходить визначення можливих альтернатив наборів ознак де  $l = |P|, o = |F|$ .

3) набір критеріїв  $C = \{c_1..c_q\}, q = |C|$  згідно з якими проходить оцінка альтернатив з набору  $F$ .

Розв'язок задачі полягає у:

1) визначенні альтернатив  $f \in F$ , виконанням методів  $P$  з набором ознак  $X$  та ознаки-класу  $y$ , тобто  $\{P, X, y\} \rightarrow \{f, F\}$ .

2) проведенні оцінки альтернатив з набору  $F$  на заданій множині критеріїв  $C(f)$  і вибору оптимального варіанту  $f_{opt}$ .

Математична модель такої задачі описується виразом (1)

$$f_{opt} = \arg \text{opt}\{C(f)\} \quad (1)$$

Для моделей, що належать до класу навчання з вчителем набір  $C$  складається з метрик якості побудованої моделі: точність (Accuracy), влучність (Precision), повнота (Recall), площа під ROC кривою (AUC), MCC-міра, F-міра (F1 score, Fb score), коефіцієнт Жаккара (Jaccard score), при цьому найчастіше точність має найвищий ваговий коефіцієнт, при цьому модель (1) описується виразом (2):

$$f_{opt} = \arg \max\{C(f)\} \quad (2)$$

Відповідно з (2), для кожної альтернативи  $f \in F$  будується модель і обчислюється точність її прогнозу. Оптимальною вважається підмножина ознак при якій точність моделі приймає максимальне значення.

В роботі [2] було визначено, що результат моделі (2) не є досить надійним через те, що оцінка точності моделі залежить від того, як вихідний набір даних поділено на дані для навчання та дані для тестування моделі. Ненадійність обумовлюється варіативністю оцінки точності. Для усунення зазначеного недоліку, запропоновано додатковий критерій – коефіцієнт стабільності  $I_s$  альтернативи  $f \in F$ , який включено до нової групи набору критеріїв  $G(F)$ , яка оцінює  $f \in F$ , ще до етапу побудови моделі машинного навчання. Відповідну математичну модель було формалізовано системою (3)

$$\begin{cases} D = \{d | 1 \leq d \leq |G(F)|, G(F) > \theta\} \\ f_{opt} = \arg \max\{C(D)\} \end{cases} \quad (3)$$

За результатами експериментальних тестів в роботі [2] визначено, що обчислювати критерії групи  $C$  має сенс тільки для  $d$  з коефіцієнтом стабільності  $I_s \geq 0.5$  ( $\theta \geq 0.5$ ). Таким чином математичній моделі (3) дозволяє зменшити вплив варіативності оцінки точності на результати оптимального вибору підмножини ознак.

Поза увагою в математичній моделі (3) залишено, той факт, що точність моделі класифікації є величина прямо пропорційна кількості ознак  $k$ , які включено в модель, таким чином, відповідно (3) перевага буде надана альтернативам з  $D$ , для яких справедливо: 1)  $I_s \geq 0.5$ ; 2)  $k \rightarrow |X|$ . На рисунку 1 для набору даних congressEW, який описано в [1] нерівність (1) моделі (3) виконується при  $k \in [1..11]$ , а умова (2) - при  $k=10$  тоді, за моделлю (3) буде обрана оптимальна підмножина, яка включатиме 10 із можливих 15 ознак.

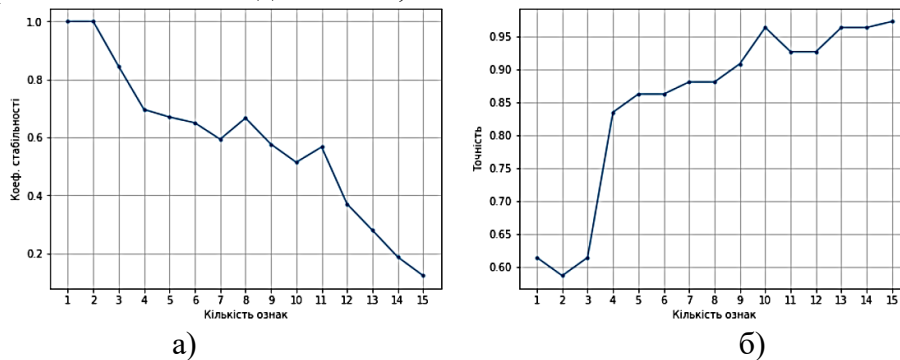


Рис. 1 – а) коефіцієнт стабільності набору ознак залежно від її кількості та значенню; б) точність моделі для кожної альтернативи  $f \in F$

Але, чим більше ознак включено в модель, тим складнішою та залежною від спостережуваних даних стає модель, тобто може стати «перенавченою». Така модель описує не існуючі в наборі взаємозв'язки та має слабку здатність прогнозувати «клас» на даних для тестування [3]. Таким чином, математична модель (3) має бути доповнена критерієм, який обмежить складність моделі. Таким критерієм може бути Баєсівський інформаційний критерій  $BIC_d = -2 \log L_d + n \log k$ , де  $\log L_d$  – максимізоване значення функції правдоподібності моделі  $m$ , побудованої на підмножині ознак  $d \in D$ ;  $k$  – кількість ознак які включені в  $d$ ;  $n$  – кількість спостережень в заданому наборі даних[4]. Чим складніше  $m(d)$ , тим більше значення  $BIC_d$ , його мінімальне значення визначає просту модель не схильну до перенавчання. Математична модель (3) вибору оптимального набору ознак з урахуванням  $BIC_d$  прийме вигляд (4)

$$\begin{cases} D = \{d \mid 1 \leq d \leq |G(F)|, G(F) > \theta\} \\ M = \{m \mid 1 \leq m \leq |D|, C(m(d)) > \rho\} \\ d_{opt} = \arg \min\{BIC(M(D))\} \end{cases} \quad (4)$$

#### Список посилань

1. Brown G. Conditional likelihood maximisation: a unifying framework for information theoretic feature selection / G. Brown, A. Pockock, MJ. Zhao, M. Luján // The journal of machine learning research. – 2012. – Issue 13. – pp. 27-66.
2. Kuncheva L. A stability index for feature selection. /L. Kuncheva // In Artificial intelligence and applications. – 2007. – Issue 12. – pp. 421-427.
3. Harrell, F. E. Regression Modeling Strategies with Applications to Linear Models, Logistic Regression and Survival Analysis /F. E. Harrell//, Springer, New York, 2001. – 582 p.
4. van de Schoot R. Bayesian statistics and modelling /R. van de Schoot, S. Depaoli, R. King, B. Kramer, K. Märtens // Nature Reviews Methods Primers. – 2021. – Issue 14.

УДК 615:616:681.47.004.58 (075.8)

Кучеренко В.Л., канд. техн. наук, доцент  
Медведський В.Є., здобувач вищої освіти

Національний авіаційний університет, м. Київ, markiza2021@ukr.net

## КРИТЕРІЙ ЗАРОДЖЕННЯ НЕСПРАВНОСТІ ЯК ЧИННИК ЯКОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МЕДИЧНИХ ВИРОБІВ

Завдання прогнозування стану працездатності медичних виробів (МВ) в загальному випадку полягає в наступному: за результатами діагностування об'єкта в попередні моменти часу необхідно оцінити його працездатність в наступні періоди функціонування, оскільки від виду технічного стану МВ залежить точність отриманих медичних діагностичних результатів [1].

Прогнозування являє собою оцінювання часу до несправності або відмови та ризику відмови внаслідок наявних пошкоджень чи пошкоджень, які очікуються в майбутньому. Прогнозування ефективно для таких несправностей, у яких характеристики, що їх описують, відомим чином змінюються з часом. Складніше за все прогнозувати випадкові відмови. Відмови визначають за контролюючими параметрами. Загальна процедура складання прогнозу містить такі основні моменти [2]:

- визначення кінцевої точки (зазвичай точки зупинення роботи технічного об'єкту);
- визначення поточного технічного стану технічного об'єкту;
- спостереження зміни параметрів та оцінка швидкості розвитку пошкодження;
- отримання оцінки часу до відмови технічного об'єкту.

Важливо відрізнити прогнозування від діагностування. Якщо діагностування за своєю природою ретроспективно, тобто базується на існуючих даних в конкретний момент часу, то прогнозування має справу з даними в майбутньому і повинно враховувати [2]:

- існуючі відмови та швидкості розвитку несправностей;
- критерії зародження несправностей різних видів;
- вплив існуючих відмов на можливість майбутніх відмов;
- взаємозв'язок між несправностями, що розвиваються, швидкістю їх розвитку та майбутніми відмовами;
- чутливість процедур моніторингу до виявлення несправностей, що розвиваються та майбутніх несправностей до змін технічного стану;
- можливість зміни процедури моніторингу для кращого обліку існуючих факторів;
- вплив операцій з технічного обслуговування та умов роботи приладу (умови і припущення, за яких прогноз є достовірним).

Для прикладу, на рис. 1 зображено критерій зародження несправності блоку живлення аудіометра. Відмова викликана перенавантаженням в мережі. В даному випадку при силі струму в 0,3 А (штрихована лінія) згорів запобіжник. Тобто електричний ланцюг розірвано і аудіометр не працює. Можна побачити, що при нормальних умовах 0,15 А (суцільна лінія) залишковий ресурс блоку живлення буде на позначці «середню-високий» в кінцевий період прогнозування (пунктирна лінія). Період екстраполяції базувався на терміні придатності батареї живлення до 5 років.

Відмова блоку живлення наступила одразу, тобто дія критерію зародження несправності або відмови є моментальною і залишковий ресурс дорівнює 0. Така відмова не є розповсюдженою, тому що відмова, в основному, має експоненціальний характер настання, і критерій несправності діє на блок протягом деякого часу, зменшуючи ресурс поступово до 0. Для відновлення ресурсу блоку живлення потрібно замінити плавкий запобіжник.



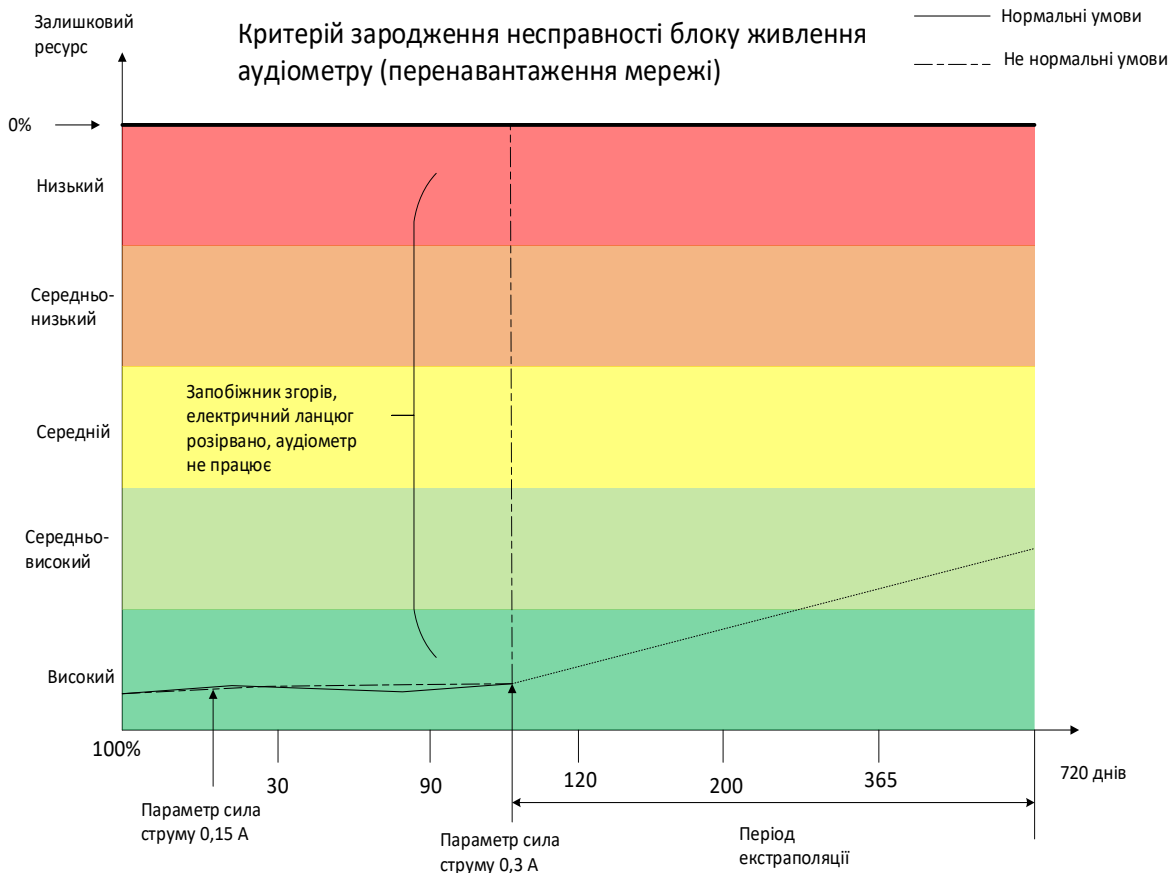


Рис. 1 – Визначення критерію зародження несправності блоку живлення аудіометру

Прогнозування технічного стану МВ дозволяє підвищити точність результатів діагностики стану здоров'я людини шляхом усунення своєчасно виявлених потенційних несправностей або відмов при їх експлуатації, що є можливим при переході на перспективний метод оцінювання фактичного технічного стану медичних виробів.

#### Список посилань

1. Кучеренко В.Л. Прогнозування відмов як фактор ефективності технічної експлуатації медичної техніки./ Кучеренко В.Л., Хірс І.І. // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2022): XII міжнар. конф., 26-27 травня 2022 р. : тези доп. – Чернігів, 2022. – С. 228.
2. ISO 13381-1:2015 Condition monitoring and diagnostics of machines – Prognostics – Part 1: General guidelines, IDT

УДК 004.942:378

**Макоєдова В.О., аспірант**  
 Державний торговельно-економічний університет, м. Київ,  
 makoiedova.valentyna@gmail.com

### КАУЗАЛЬНА МОДЕЛЬ ПОДАННЯ ЗАЯВИ НА ВСТУП ДО ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Встановлення зв'язків між процесами під час вступної кампанії може відбуватися з використанням каузальних моделей. Ураховуючи складність взаємозв'язків під час вступу до ЗВО, каузальні моделі дають змогу відтворити причинно-наслідкові зв'язки між різними елементами цього процесу, допомагаючи зрозуміти, які фактори впливають на прийняття рішення щодо подання заяви на вступ.

Перед моделюванням необхідно провести аналіз процесів, їх складових елементів та взаємозалежностей між подіями, а також встановити причинно-наслідкові зв'язки. Будь-який фактор, що може впливати на певний елемент і тим самим викликати його реакцію, можна розглядати як його причину [1].

Побудована каузальна модель, що відображає фактори, які мають вплив на процес подання заяви вступником для прийому на навчання до ЗВО зображена на рис.1.

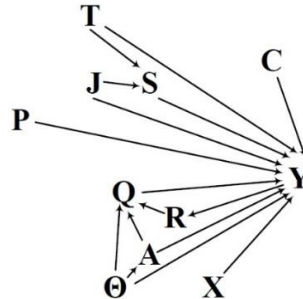


Рис. 1 – Каузальна модель подання заяви на вступ до ЗВО

Графічна модель, може бути представлена у вигляді графу, вершини якого відповідають змінним, а ребра (дуги) графа відображають напрям впливу [2]. Модель може бути представлена у вигляді системи рівнянь 1. Значення кожної змінної може бути виражене через функцію від інших змінних. Разом вони формують набір структурних рівнянь [3].

$$\left\{ \begin{array}{l} T = f(U_T) \\ S = f(J, T, U_S) \\ C = f(U_C) \\ J = f(U_J) \\ P = f(U_P) \\ R = f(Y, U_R) \\ \theta = f(U_\theta) \\ A = f(\theta, U_A) \\ Q = f(\theta, A, R, U_Q) \\ X = f(U_X) \\ Y = f(C, T, S, J, P, Q, A, \theta, X, B, L, U_Y) + \varepsilon_Y \end{array} \right. \quad (1)$$

де  $U_X$  – це сукупність невимірних факторів, які визначають, яке значення приймає  $X$ ,

$\varepsilon_Y$  – умови зовнішнього середовища (політично-економічна ситуація в країні, епідемічна ситуація і т. ін.).

У створеній моделі цільовою змінною є кількість заяв на вступ –  $Y$ . На обсяг поданих заяв можуть впливати як фактори, пов'язані зі забезпеченням закладу вищої освіти, так і фактори, що безпосередньо пов'язані з процесом вступної кампанії.

Серед причин, пов'язаних із ЗВО, варто виділити розташування закладу ( $P$ ), що враховує регіональне розміщення ЗВО та його структурних підрозділів, розташування та наявність зручних транспортних комунікацій в населеному пункті, де знаходиться заклад. Крім цього, матеріально-технічне забезпечення ( $T$ ) може вплинути на рішення вступника щодо подачі заяв.

Факторами, які також мають вплив, є наукова діяльність ( $S$ ) та викладацький склад/наукові співробітники ( $J$ ). Досягнення співробітників ЗВО спричиняють зміну фактору  $S$ .

Вартість навчання ( $C$ ) може відігравати суттєву роль у процесі прийняття рішення вступниками, які розглядають навчання за кошти фізичних або юридичних осіб.

Імідж закладу вищої освіти формується на основі його репутації ( $Q$ ). Цей фактор може бути покращений завдяки рекламній діяльності ( $A$ ), позиції закладу в рейтингах ( $R$ ) та наявності відомих особистостей, які є випускниками закладу та сприяють його популяризації ( $\theta$ ).

Рейтинги закладів вищої освіти можуть бути складені за різними критеріями, проте основним критерієм, що використовується в рейтингах на підставі результатів вступної кампанії, є кількість поданих заяв.

Рекламна діяльність може бути спрямована не лише на покращення іміджу ЗВО, але також на стимулювання потенційних вступників до подання заяв. Умови вступу на навчання до ЗВО ( $X$ ) мають вплив на кількість поданих заяв, зокрема, на максимальну можливу кількість заяв, яку може подати один вступник.

Побудована модель дає змогу краще зрозуміти причинно-наслідкові зв'язки, що стосуються подання заяв та визначити фактори, які можна поліпшити під час супроводу вступної кампанії. Перспективою подальших досліджень є деталізація причин, що впливають на подання заяви на окрему спеціальність.

#### Список посилань

1. Югас, Е. Ф. Каузальна індукція в аналізі та моделюванні економічних процесів [Електронний ресурс] / Е. Ф. Югас, К. С. Туряниця // Науковий вісник Ужгородського університету: Серія: Економіка / ред. кол.: В.П. Мікловда, В.І. Ярема, В.О. Приходько, М.А. Лендел та ін. – Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла», 2013. – Вип. 4 (41). – С. 103–107. - Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/1185>.

2. Балабанов О. С. Аналітика великих даних: принципи, напрямки і задачі (огляд) [Електронний ресурс] / О.С. Балабанов // Проблеми програмування. – 2019. – № 2. – С. 47-68. – Режим доступу: <http://dspace.nbu.gov.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/161487/05-Balabanov.pdf;jsessionid=D60607206FD710CE8DBEAE17F2658C87?sequence=1>.

3. Causal Modeling with Stochastic Confounders [Електронний ресурс] / Thanh Vinh Vo, Pengfei Wei, Wicher Bergsma, Tze Yun Leong Proceedings of The 24th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, PMLR 130:3025-3033, 2021. – Режим доступу: <https://proceedings.mlr.press/v130/vinh-vo21a.html>.

УДК 004.9:629.086.1 (044)

**Іванець О.Б., канд. техн. наук, доцент**  
Національний авіаційний університет, м.Київ, [olchik2104@ukr.net](mailto:olchik2104@ukr.net)

### ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Особливість функціонування біологічних об'єктів, організму операторів професії яких пов'язані із дії зовнішніх факторів дестабілізації зокрема полягає в постійній протидії зазначеним факторів. Ця обставина призводить до складнощів при використанні методів оцінювання які дають позитивні результати, наприклад в технічних системах або технологічних процесах. Тому, актуальним питанням є аналіз методів та засобів що можуть бути використані для оцінювання функціонального стану, та його стабільності зокрема за інформаційними параметрами різних типів. Необхідно також враховувати, що окрім невизначеностей за типом А та за типом В, що характерні для вимірювальної складової інформаційних медико-біологічних параметрів присутня також інформативна невизначеність, параметрична невизначеність та невизначеність пов'язана з біологічного функціонуванням, так присутня в параметрах, що відображають їхню динаміку у часі (необхідно враховувати що зазначений перелік також не повний). Ця невизначеність ускладнюється і фактичною відсутністю апріорних знань про ймовірнісні властивості параметрів біологічного об'єкту, причому вибір останніх визначається апріорі заданим

видом математичної моделі динамічних змін. Необхідно враховувати і той факт, що будь-яке дослідження з оцінювання параметрів динамічної рівноваги біологічного об'єкта, неминуче використовує результат вимірювань, розподілених за часом. Це призводить до того, окрім основних факторів, що несуть корисне інформаційне навантаження, необхідно враховувати і безліч інших факторів, що збурюють, породжуючи неоднорідність вимірювального експерименту у вигляді шумів та нестационарних дрейфів. Присутність останніх спотворює результати оцінювання стану біологічної рівноваги, породжуючи зниження достовірності діагностичних рішень. Багато досліджень присвячено тому, що такі емпіричні данні, отримані від біологічного об'єкту можна представити за допомогою часових рядів [1]. Таке представлення дозволяє окрім кількісних значень медико-біологічних параметрів отримати додаткову інформацію про динамічні зміни стану системи в різні проміжки часу. При чому час впродовж якого отримані зазначені емпіричні данні також має інформаційну складову. Більшість медико-біологічних параметрів таких як електрокардіограми, електроенцефалограми, електроміограми, характеризують як лінійні фізіологічні процеси так і мають в собі складову, що описує певні нелінійні процеси в організмі як реакцію організму на зовнішні дестабілізуючі впливи. В той час як лінійна складова системи, з певною достовірністю, описана класичними методами інтелектуального аналізу, нелінійні процеси в організмі описані та досліджені недостатньо. Тому необхідне поєднання так званого класичного підходу з використанням методів, що враховують хаотичні процеси в організмі, що пов'язані з нелінійним феноменом.

#### Список посилань

1. Goldberger A. L., Amaral L. A., Hausdorff J. M., Ivanov P. C., Peng C. K. & Stanley H. E. (2002). Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 19 (Suppl. 1), p.2466–2472. DOI:10.1073/pnas.012579499.

УДК 004.891.2

Сугоняк І.І., канд. техн. наук, доцент  
Кривонос О.П., магістр  
Праздніков В.О., аспірант

Державний університет «Житомирська політехніка», [asp\\_pvo@student.ztu.edu.ua](mailto:asp_pvo@student.ztu.edu.ua)

#### МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У ПРОГНОЗІ ПРОДАЖІВ

У висококонкурентному світі бізнесу прогнозування продажів з використанням моделей та методів машинного навчання стає необхідністю. Вони дозволяють компаніям отримувати перевагу над конкурентами, прогнозувати зміни в попиті, забезпечувати ефективне управління виробництвом, запасами та використанням наявних ресурсів і звісно ж знизити витрати. Орім того, моделі та методи машинного навчання дозволяють підвищити задоволеність клієнтів шляхом персоналізованих рекомендацій та пропозицій, що у свою чергу сприяє збільшенню продажів та покращенню взаємодії компаній зі споживачами.

Машинне навчання є підгалуззю штучного інтелекту, що виконує програми для оптимізації продуктивності моделей на основі досвіду або навчання. Використання його моделей та методів забезпечує високий рівень точності прогнозів.

Одним з найпоширеніших методів машинного навчання у прогнозуванні продажів є лінійна регресія. Вона використовується для встановлення залежності між залежною змінною (наприклад, продажами) та однією або декількома незалежними змінними (наприклад, ціною, рекламним бюджетом, сезонністю тощо). Наприклад, компанія Walmart використовує лінійну регресію щоб передбачити, які товари будуть популярними в різних регіонах країни на основі різних факторів, таких як рекламні витрати, демографія та сезонність [1].

Крім лінійної регресії, у прогнозуванні продажів використовуються інші методи машинного навчання, такі поліноміальна регресія, експоненціальна регресія, випадковий ліс (Random Forest), градієнтний бустинг (Gradient Boosting) та нейронні мережі. Поліноміальна регресія - розширення лінійної регресії, яке дозволяє моделювати відносини більш складної природи. Експоненціальна регресія ж використовується для моделювання залежностей, які ростуть (або зменшуються) з експоненціальною швидкістю, що може бути корисним для моделювання сезонних продажів [2].

Метод випадкового лісу (Random Forest) являє собою ансамблевий метод навчання для класифікації і регресії, який діє шляхом побудови множини вирішальних дерев. Випадковий ліс – є одним з небагатьох універсальних алгоритмів. Універсальність полягає, по-перше, в тому, що він хороший у багатьох задачах (70 % в задачах, що зустрічаються на практиці, якщо не враховувати задачі з зображеннями), по -друге, в тому, що є випадкові ліса для вирішення задач класифікації, регресії, кластеризації, пошуку аномалій, селекції ознак і т.д.. Він показав високу ефективність при прогнозуванні продажів, особливо у випадках, коли дані містять численні атрибути та змінні [3]. Даний метод був успішно використаний Netflix. Компанія обробила великий об'єм даних користувачів, включаючи інформацію про переглянуті шоу, рейтинги та вподобання та, використовуючи модель випадкового лісу визначила найбільш відповідних рекомендацій для кожного користувача. Що у свою чергу призвело до підвищення точності та ефективності системи рекомендацій на 20% та сприяло підвищенню активності використання платформи серед потенційних користувачів [4].

Градієнтний бустинг - це ще один ансамблевий метод, який комбінує (створює ансамбль) слабких прогнозуючих моделей (наприклад, дерев рішень) у більш сильну модель. Він також ефективно використовується для прогнозування продажів, особливо при роботі з різнорідними даними [5]. Нейронні мережі, зокрема глибокі нейронні мережі DNN (Deep Neural Network), також використовуються для прогнозування продажів. Ці моделі використовують шари архітектури для моделювання складних залежностей в даних і можуть працювати з великою кількістю ознак. Нейронні мережі вже були успішно використані для прогнозування продажів в різних галузях, включаючи роздрібну торгівлю та електронну комерцію [6].

Варто зазначити що, для поліпшення прогнозів можна також використовувати алгоритми підгонки моделі, які дозволяють оптимізувати параметри моделей машинного навчання для покращення їх точності. Наприклад, алгоритм градієнтного підйому може використовуватися для пошуку оптимальних значень параметрів моделі, що максимізують прогнозу точність. Крім того, важливим етапом використання моделей машинного навчання є підготовка даних, що включає очищення, нормалізацію та вибір значущих ознак [7].

Також, важливо враховувати й деякі виклики, пов'язані з використанням моделей та методів машинного навчання у прогнозуванні продажів. Одним з них, наприклад, є необхідність враховувати динамічний характер ринку та змінність факторів, що впливають на продажі. Тому важливо регулярно оновлювати моделі та забезпечувати їх адаптацію до нових умов.

Для успішного впровадження моделей машинного навчання у прогнозуванні продажів необхідно також мати належні ресурси, які забезпечать потужність обчислень, доступ до великих обсягів даних та фахівців з машинного навчання та аналізу даних. Компанії повинні інвестувати у навчання та розвиток своїх працівників, а також використовувати сучасні технологічні рішення для підтримки процесу прогнозування.

Загалом, прогнозування продажів з використанням моделей та методів машинного навчання дозволяє компаніям отримувати перевагу на ринку, зменшити втрати через непотрібні запаси або недостачу товарів, покращити планування виробництва та поставок,

а також встановити ефективні маркетингові стратегії. Враховуючи зростаючу конкуренцію та ринкові умови, що перебувають у постійному русі використання моделей машинного навчання є необхідністю для успіху підприємства.

Проте, варто пам'ятати, що моделі машинного навчання не є універсальними рішеннями і можуть мати свої обмеження. Необхідно правильно вибирати та налаштовувати моделі, враховуючи специфіку бізнесу та характеристики даних. Також важливо підтримувати постійний моніторинг результатів та оновлювати моделі залежно від змін у ринкових умовах.

#### Список посилань

1. Linear Regression Explained with Real Life Example [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vitalflux.com/linear-regression-real-life-example/>
2. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A.(2016). Deep learning. MIT Press.
3. Джулій В. М., Кльоц Ю. П., Муляр І. В., Жилевич М. Л., Джулій А. В. «Контроль додатків інтернет-трафіка комп'ютерних мереж методами машинного навчання». 2021. С. 23.
4. Random Forests For Founders: Netflix Customer Recommendations Improved by 20% [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://inthevalley.blog/for-founders/random-forests-for-founders-enhancing-customer-recommendations-netflixs-20-improvement/>
5. Шаповалова С.І., Кунатова О.А. «Класифікація основних тривимірних будівельних елементів ВІМ моделі». 2019. С. 182.
6. Москаленко В. Б., Санталова А. Р., Фонта Н. Г. "Дослідження нейронних мереж для прогнозування вартості акцій компаній у нестабільній економіці". 2022.
7. Chollet, F. (2017). Deep Learning with Python. Manning Publications.

УДК 004.12:54.07

**Казимиренко Ю. О., докт. техн. наук, професор**  
**Гайдаєнко О. В., канд. техн. наук, доцент**  
**Нестеров О. О., студент магістратури**  
**Бабічев Р. С., студент магістратури**

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв,  
yuliia.kazymyrenko@nuos.edu.ua

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РОЗРОБКА МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

В основу популяризації матеріалознавчої науки серед талановитої молоді покладено принципи розширення можливостей обміну досвідом та інформацією, зокрема спілкування з вітчизняними і міжнародними інвесторами. Для цього застосовуються спеціалізовані on-line платформи з форумами, створюються центри колективного користування науковим обладнанням, проводяться міждисциплінарні дослідження, до яких долучаються фахівці з інших галузей та освітньо-наукових програм. В умовах воєнного стану проведення фундаментальних наукових досліджень ускладняється майже повною відсутністю можливостей використовувати експериментальне обладнання. Тому застосування інформаційних технологій з впровадженням нових програмних продуктів, мультимедійних засобів є невід'ємною складовою забезпечення безперервного наукового процесу.

Мета досліджень полягатиме у аналізі і проробці проблемних питань щодо розробки нового спеціалізованого інформаційного забезпечення для проведення наукових досліджень з матеріалознавства.

Для виконання поставлених задач в роботі застосовані методи ситуаційного аналізу з досвідом апробації для прийняття управлінських рішень в умовах фінансової кризи [1] і науково-методичний досвід наукової роботи з матеріалознавства в умовах воєнного стану [2]. Дослідження виконані на базі кафедри матеріалознавства і технології металів



Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова за безпосередньою участю фахівців і студентів магістратури кафедри інформаційних управляючих систем і технологій.

Умовно проблематику досліджень можна поділити на проведення мікроструктурних досліджень, організацію механічних випробувань та конструкторське забезпечення.

Проведення на сучасному рівні експериментальних досліджень структури металевих сплавів, неметалевих і композиційних матеріалів, покриттів вимагатиме не тільки обладнання (оптичних і електронних мікроскопів, мікротвердомірів, рентгенівських установок та ін.) а і новітніх програмних застосунків для аналізу цифрових зображень з розпізнанням образів, що містять об'єкти однотипної геометричної форми (наприклад пори, дисперсна фаза, зерно тощо). Існуючі на даний час програми комп'ютерної металографії зосереджені у вузькопрофільних наукових лабораторіях і становлять комерційну таємницю. Якщо розглядати дистанційну складову досліджень, то важливою проблемою є робота з багатовимірними даними, зокрема з цифровими мікрофотографіями та рентгенограмами. Вирішення цього проблемного питання можливе за допомогою створення нових інформаційно-пошукових систем документально-фактографічного типу.

Організація механічних випробувань зразків матеріалів, зварних з'єднань, зразків-свідків зруйнованих виробів, зношених деталей та інших дослідних об'єктів включатиме у себе експериментальну (підготовка зразків і обладнання, вимірювання величин) і аналітичну складові (обробка та інтерпретація результатів вимірювань, обробка числових даних з визначенням за необхідністю критеріїв і побудовою рівнянь регресії, порівняння даних з еталонами, складання звітної документації). Інформаційна підтримка експериментальної частини ґрунтується на створенні і використанні електронних ресурсів стандартної і нормативної документації, методик, інструкцій тощо. Аналітична частина вимагатиме створення спеціалізованої інформаційної системи з вбудованими програмними застосунками для обробки і систематизації одержаних експериментальних даних з побудовою числових моделей.

Конструкторське забезпечення матеріалознавчих досліджень полягатиме у розробці нового та удосконаленні існуючого обладнання і технологічного устаткування з наступним виготовленням експериментальних зразків та розміщенням їх у лабораторіях. Цей напрямок вимагатиме розробки і впровадження створення бази даних креслень, що дасть змогу навіть у дистанційному режимі виконувати конструкторські розробки та обирати обладнання.

Наочність результатів науково-дослідної роботи для сприйняття у дистанційному форматі може бути подана за допомогою мультимедійних засобів (табл. 1).

Таблиця 1 – Swot-аналіз ситуації застосування мультимедійних засобів для наукових досліджень з матеріалознавства

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weakness)
1. Наочність процесу 2. Можливість обговорення проблемних питань на професійних форумах 3. Моделювання реальності	1. Відсутність практичних напрацювань роботи з лабораторним обладнанням і методиками 2. Мультимедійний функціонал обладнання
Можливості розвитку (Opportunities)	Загрози (Threats)
1. Розвиток теоретичної підготовки 2. Розвиток навичок самостійної роботи 3. Можливість приймати віддалену участь у проведенні експериментальних досліджень в умовах реального часу	1. Відсутність можливості отримати прямий практичний досвід 2. Залежність від енергоресурсів, інтернет-зв'язку, комп'ютерної техніки 3. Суттєві фінансові витрати та постійне оновлення версій програмних продуктів

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою і втіленням ІТ-проєкту.

**Висновки.** Проаналізовано проблемні питання матеріалознавчих досліджень та визначено шляхи їх вирішення за допомогою впровадження нових ІТ-продуктів для виконання мікроструктурних досліджень, організації механічних випробувань та конструкторського забезпечення. За допомогою Swot-аналізу визначено управлінські рішення щодо застосування мультимедійних засобів.

#### Список посилань

1. Синчук І. В. Вплив SWOT-аналізу на прийняття управлінських рішень в умовах фінансової кризи [Текст] / І. В. Синчук // Молодий вчений. – 2016. – № 3. – С. 175-178.
2. Казимиренко Ю. О. Науково-методичний і науково-практичний аналіз дистанційних методів навчальної і наукової роботи зі студентами спеціальності «Матеріалознавство» в умовах воєнного стану [Текст] / Ю. О. Казимиренко // Challenges of distance learning when obtaining higher engineering education: Scientific and pedagogical internship (February 27 April 9, 2023). – Riga, the Republic of Latvia. – P. 39-43

УДК 004.7

**Вітківська І. І., старший викладач**

**Русановський Д. Д., студент**

**Рябко О. В., студент**

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
irvit.kpi@gmail.com

## ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (ІОТ) В ЕНЕРГЕТИЧНОМУ СЕКТОРІ

Інтеграція відновлюваної енергії та оптимізація використання енергії є ключовими чинниками сталого «енергетичного переходу» не відбудеться без масштабної діджиталізації.

Наразі, можна виділити кілька технологій, які досягли рівня «зрілості» та активно використовуються енергетичними компаніями: машинне навчання (Machine Learning), цифрові близнюки (Digital Twins), навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning), блокчейн (Blockchain), Інтернет речей (Internet of Things), платформи обміну даними (Platform business).

Згідно дослідженням Enterra solutions і IoT Analytics, було встановлено, що найбільша залежність від Інтернету речей спостерігається в енергетичній промисловості (64%), авіаційної (62%) і комунальному секторі (58%). IoT може бути використаний для підвищення енергоефективності, збільшення частки відновлюваної енергії та зменшення впливу використання енергії на довкілля.

Для зменшення використання викопного палива та залежності від місцевих енергетичних ресурсів, багато країн просувають відновлювані джерела енергії (RESs). У енергетичній системі з високою часткою VRE (Variable Renewable Energy) великим викликом є забезпечення відповідності генерації енергії відповідно до потреб через варіабельність постачання, що призводить до невідповідності на різних часових шкалах. Системи IoT пропонують гнучкість в балансуванні генерації з попитом, що в свою чергу може зменшити виклики розгортання VRE, призводячи до вищих показників інтеграції чистої енергії та менше викидів парникових газів [3]. Крім того, використовуючи IoT, можна досягти більш ефективного використання енергії за допомогою алгоритмів машинного навчання, які допомагають визначити оптимальний баланс різних технологій постачання та попиту [1]. Наприклад, використання алгоритмів штучного інтелекту може збалансувати виробництво енергії теплової електростанції з джерелами внутрішньої генерації енергії, агрегуючи багато маленьких сонячних PV панелей [2]. В таблиці 1 наведено приклади застосування IoT в енергетичному секторі.

Таблиця 1 – Приклади застосування IoT в енергетичному секторі

	Застосування	Сектор	Опис	Переваги
Мережа передачі та розподілу (T&D)	Інтелектуальні мережі	Управління електричною мережею	Платформа для управління мережею за допомогою великих даних і технологій ІКТ на відміну від традиційних мереж.	Покращення енергоефективності та інтеграції розподіленої генерації та навантаження; покращення надійності постачання; і зменшення потреби в резервній постачальній ємності та витрат.
	Управління мережею	Управління та оперування електричною мережею	Використання великих даних на різних точках мережі для більш оптимального управління мережею.	Виявлення слабких місць і посилення мережі відповідно і зменшення ризику відключення від електромережі.
	Мікромережі	Електрична мережа	Платформи для управління мережею, незалежною від центральної мережі.	Покращення надійності постачання; створення взаємодії та гнучкості між мікромережами та основною мережею; та пропозиція стабільних цін на електроенергію для споживачів, підключених до мікромережі.
Сторона попиту	Відповідь на попит (управління попитом з боку споживачів)	Житловий/комерційний індустрія	Центральний контроль (тобто, зниження, зміщення, або вирівнювання; навантаження багатьох споживачів шляхом аналізу навантаження та роботи пристроїв.	Зменшення попиту в пік, що само по собі знижує перевантаження мережі; зниження рахунків за електроенергію для споживачів; та зниження потреби в інвестиціях в резервний обсяг мережі.
	Передова метрична інфраструктура	Кінцеві користувачі	Використання датчиків та пристроїв для збору та аналізу даних про навантаження та температуру на місці споживача.	Маючи доступ до детальних коливань навантаження в різному масштабі часу; визначення областей для покращення енергоефективності; та зниження витрат на енергію.
	Управління енергією акумулятора	Кінцеві користувачі	Аналіз даних для активації акумулятора в оптимальний час.	Оптимальна стратегія заряду/розряду батареї в різних масштабах часу; покращення енергоефективності та допомога мережі в пікові часи; та зниження витрат на енергію.

Таким чином особливостями використання IoT для енергетики в Україні є: по-перше – збереження даних і безпека самої системи, по-друге – застаріла техніка, яка «гальмує» Інтернет речей в енергетиці, по третє — дорожнеча й окупність рішення.

#### Список посилань

1. Артамонов Є.Б. Роботизовані апаратно-програмні комплекси: лабораторний практикум / Є.Б. Артамонов, Г.П. Росінська. К.: НАУ, 2019. – 44 с.
2. Волков А.А. Енергозбереження в будівництві: з досвіду країн ЄС / А.А. Волков, Б.Р. Вахидова // Інтерактивна наука. – 2016. – №7. – с. 15-35.
3. Зіатдінов Ю. К. Стандартизація та сертифікація інформаційних управляючих систем: навч. посібник / Ю. К. Зіатдінов, І. Е. Райчев, О. Г. Харченко. – К.: НАУ, 2016. – 184 с.

УДК 621.941-229.3:531.133

Ковальчук П.Р., аспірант  
 Морозова І.В., канд. техн. наук, доцент  
 Національний авіаційний університет, м. Київ, [kovallarm@gmail.com](mailto:kovallarm@gmail.com)

## ОЦІНЮВАННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ ЗАГРОЗ ІНФОРМАЦІЙНІЙ БЕЗПЕЦІ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ: РІЗНОМАНІТНІ МЕТОДИ

Актуальність та необхідність застосування процедур оцінки та управління загрозами та ризиками ІБ неухильно зростає у зв'язку з підвищенням ролі інформаційно-телекомунікаційних систем (ІТС) та технологій у процесах функціонування організацій як суб'єктів господарювання. При цьому, як правило, основна увага приділяється вимогам та рекомендаціям відповідної Української нормативно-методичної бази у галузі захисту інформації (ЗІ).

Практично всі існуючі програмні реалізації підходів до оцінки загроз ІБ ІТС не враховують методики, що містяться у вітчизняних або міжнародних стандартах ІБ ІТС. Що не дозволяє їх використовувати в практичних завданнях повсякденної діяльності фахівців у галузі ІБ ІТС. Оцінювання ризиків полягає у визначенні кількісних та якісних показників, формуванні реєстру ризиків та ранжируванні ризиків.

З аналізу інструментальних методів визначення ризиків інформаційної безпеки, які є найбільш поширеними для вирішення задачі протидії інформаційним загрозам в ІТС, схема інструментальних методів визначення ризиків інформаційної безпеки може бути приведена до вигляду рис. 1.

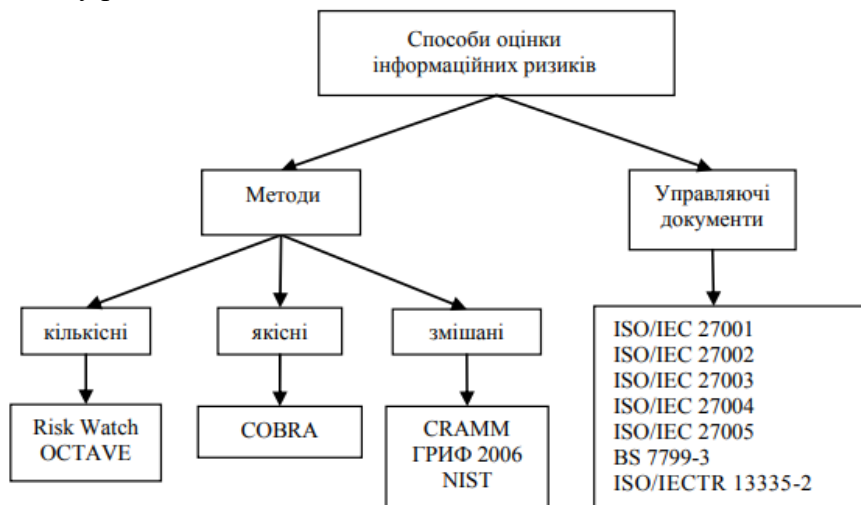


Рис. 1 – Схема інструментальних методів визначення ризиків інформаційної безпеки в ІТС

Метод CRAMM пропонує всі процедури методу поділити на три послідовних етапи, які розглянуто на рис. 2.

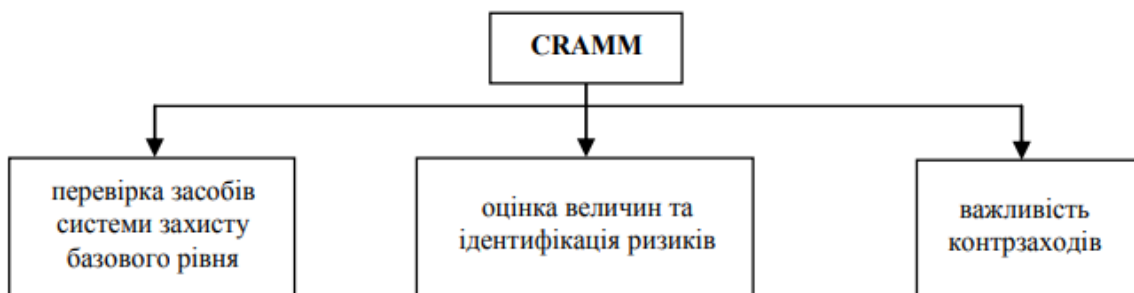


Рис. 2 – Етапи проведення аналізу ризиків ІБ методом CRAMM

Система Risk Watch допомагає провести аналіз ризиків і зробити обґрунтований вибір заходів і засобів захисту ІБ в ІТС. Даний метод забезпечує проведення аналізу ризиків ІБ та включає чотири етапи роботи, які представлено на рис. 3.

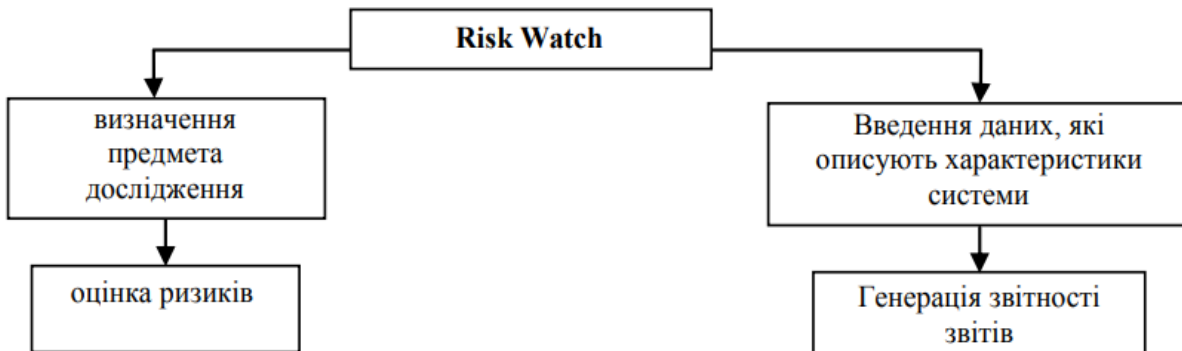


Рис. 3. Етапи проведення аналізу ризиків ІБ методом Risk Watch

Аналіз оцінювання ризиків на основі тематичних запитів проводиться за наступними категоріям, які розглянуто на рис. 4.

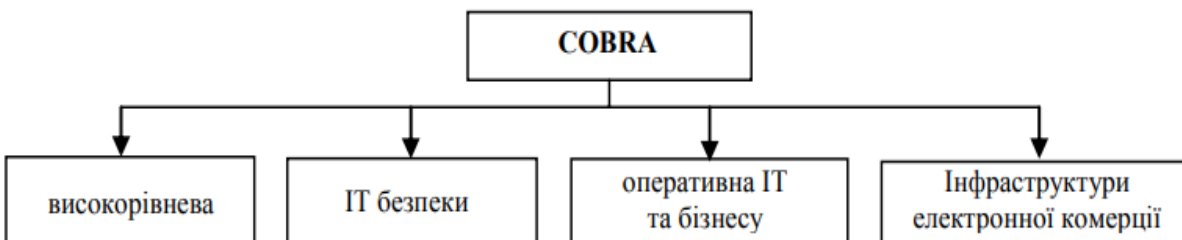


Рис. 4. Етапи оцінювання ризиків на основі тематичних запитів

Зростання ролі інформаційно-телекомунікаційних систем (ІТС) та технологій у процесах функціонування організацій робить організацію режиму інформаційної безпеки критично важливим стратегічним фактором розвитку будь-якої вітчизняної компанії. Однак, на даний момент багато провідних вітчизняних компаній не використовують додаткові ініціативи з захисту інформації, спрямовані на забезпечення стійкості та стабільності функціонування корпоративних ІТС для підтримки безперервності бізнесу в цілому. Правильна оцінка загроз ІБ ІТС та виявлення серед них найактуальніших є основою для побудови надійної системи захисту інформації. Проте, експертні групи, які визначають ймовірності реалізації загроз ІБ ІТС, не завжди застосовуються на конкретних підприємствах та в організаціях. Прогнозування загроз ІБ ІТС часто взагалі не виконується, тоді як існуючі програмні реалізації підходів до оцінки загроз ІБ ІТС не враховують методики, що містяться у вітчизняних або міжнародних стандартах ІБ ІТС, що не дозволяє їх використовувати в практичних завданнях повсякденної діяльності фахівців у галузі ІБ ІТС. Таким чином, оцінка та управління загрозами та ризиками ІБ є необхідною умовою для створення надійної системи захисту інформації.

#### Список посилань

1. Хмелевський Р. Дослідження оцінки загрози інформаційної безпеки об'єктів інформаційної діяльності / Р. Хмелевський // Сучасний захист інформації. – 2016. – №4. – с. 65–70.
2. Черниш В. Методика оцінки інформаційних ризиків з використанням методу аналізу ієрархії / В. Черниш // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – №1. – pp. 46-50.
3. Домарьов В.В. Безпека інформаційних технологій. Системний підхід / В.В. Домарьов. – К.: ТОВ ТІД «Діасофт», 2004.
4. Корнієнко Б. Я. Прикладні програми управління інформаційними ризиками / Б. Я. Корнієнко, Ю. О. Максимов, Н. М. Марутовська // Захист інформації. – 2012. – Вип. 4. – С. 60–64.

УДК 004.9:629.086.1 (044)

Сібрук Л.В., докт. техн. наук, професор  
Іванець О.Б., канд. техн. наук, доцент  
Торубара Р.Р.

Національний авіаційний університет, м. Київ, olchik2104@ukr.net

### ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ ТА ПРИСТРОЇ»

Виявлення та оцінювання ризиків є пріоритетними завданнями впровадження системи менеджменту якості (СМЯ) та вимагає залучення експертів до даної процедури [1]. Але впровадження системи менеджменту якості до вищих навчальних закладів носить специфічний та особливий характер та вимагає індивідуальних підходів при розробці методології управління ризиками в таких системах [2]. Специфічність впровадження системи управління ризиками процесів СМЯ полягає у поєднанні аналізу вхідних даних різних груп споживачів та виконавців з метою забезпечення постійної придатності, адекватності і результативності процесів. Такі дані, з огляду на специфічність роботи вищих навчальних закладів мають включати наступну, часто різномірну інформацію: результати внутрішніх і зовнішніх аудитів, статистичні відомості, в тому числі аналіз виконання акредитаційних (ліцензійних) показників по роках, результати опитувань стейкхолдерів (студентів та роботодавців) освітніх послуг, матеріальної бази та зовнішнього середовища та науково-технічної діяльності. Для забезпечення функціонування СМЯ необхідна розробка методології системи управління ризиками яка б дозволила сформувати єдині критерії для оцінки можливих ризиків та сформувати корегуючі дії в разі їх виникнення. Метою даної роботи є розробка автоматизованої системи для оцінювання рівня ризику настання негативної події при виконанні освітнього процесу. Розроблена автоматизована система використана для оцінювання ризиків освітньо-професійної програми (ОПП) «Електронні прилади та пристрої» кафедри електроніки, робототехніки, технологій моніторингу та Інтернету речей, Національного авіаційного університету із залученням зовнішніх, внутрішніх стейкхолдерів та гаранта освітньої програми [3]. Результати опитувань зазначених груп у вигляді експертних оцінок обробляються розробленою системою та враховують коефіцієнти узгодженості груп експертів для зменшення суб'єктивних оцінок при прийнятті рішення. Також розроблена система проводить розрахунок коефіцієнтів вагомості отриманої математичної моделі, яка може бути використана для прогнозування виникнення ризикової події. Якщо думки експертів узгоджені інтерфейс розробленої програми має вигляд, що поданий на рис. 1

	A	B	C	D	E	F	G	K	L	M
1	Оцінки →									
2	Код фактора ↓		Гарант	Відп. СМЯ	Зав.каф	Внутр.стейкх	Зовн.стейкхол	Коефіцієнти вагомості	Оцінки виставлені коректно!          Оцінки узгоджені!          Готово до використання!	
3	1		4	10	4	8	8	0,12364		
4	2		2	2	2	2	2	0,03636		
5	3		1	1	1	1	3	0,02545		
6	4		7	7	9	7	6	0,13091		
7	5		9	8	10	10	10	0,17091		
8	6		8	9	8	9	7	0,14909		
9	7		3	6	3	4	4	0,07273		
10	8		5	5	5	5	1	0,07636		
11	9		6	4	6	6	5	0,09818		
12	10		10	3	7	3	9	0,11636		
13			✓	✓	✓	✓	✓			

Рис. 1 – Інтерфейс розробленої програми при узгодженості думок експертів



Автоматизована система оцінки ймовірності ризику, наприклад при проведенні процедури акредитації та/або проведення зовнішніх або внутрішніх аудитів СМЯ дозволяє не тільки розрахувати вагові коефіцієнти кожного фактора ризику, а і урахувати різномірні висновки експертів щодо кожного фактору. При неузгодженості думок експертів на екрані з'являються підказки щодо перегляду факторів ризику та їх оцінки (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F	G	K	L	M
1	Оцінки →									
2	Код фактора ↓	Гарант	Відп. СМЯ	Зав.каф	Внутр.стейкх	Зовн.стейкхол	Коефіцієнти вагомості			
3	1	4	10	4	8	8	0,12364	Оцінки виставлені коректно!		
4	2	2	2	2	2	2	0,03636			
5	3	1	1	1	1	9	0,04727			
6	4	7	7	9	7	1	0,11273	Оцінки неузгоджені! Див. інструкцію		
7	5	9	8	10	10	10	0,17091			
8	6	8	9	8	9	7	0,14909			
9	7	3	6	3	4	4	0,07273	Помилка!		
10	8	5	5	5	5	5	0,09091			
11	9	6	4	6	6	6	0,10182			
12	10	10	3	7	3	3	0,09455			
13		✓	✓	✓	✓	✓				
15										

Рис. 2 – Інтерфейс розробленої програми при узгодженості думок експертів

Розроблена автоматизована система є важливою складовою методології оцінки ризику за допомогою експертної оцінки, що поєднання основні етапів впровадження системи менеджменту якості та математичних методів розрахунку ваг для побудови математичної моделі прогнозування ризикової події та розрахунку коефіцієнта конкордації, що дозволяє врахувати думки експертів, до яких окрім стейкхолдерів залучаються також завідувач кафедри та відділ СМЯ. Результатом роботи автоматизованої системи є математична модель, яка враховує залежність факторів ризику від ймовірності негативної події та її розрахункове кількісне значення, яке порівнюється з певними критеріями прийнятності. Після проведення аналізу попередніх акредитацій кафедри, внутрішнього аудиту кафедри для ОПП «Електронні прилади та пристрої» встановлені наступні фактори ризику процесів зазначеної ОПП в Національному авіаційному університеті рис. 3.

	A	B	C	D	E	F
1	фактор а	Розшифровка фактора	Наявність у ОПП факторів ризику (Є - 1, Немає - 0)	Результат і рекомендації		
2	1	інформування здобувачів вищої освіти щодо їх прав та можливостей участі в процедурах індивідуального вибору	1	Ймовірність виникнення ризику 33,5 % – низька Можна проводити ретроактивний аналіз за загальною схемою		
3	2	інформування здобувачів вищої освіти щодо їх прав та можливостей участі в процедурах СМЯ	1			
4	3	Випускники максимально пристосовані до конкретних вимог роботодавця	0			
5	4	Обсяг та особливості зауважень попередніх акредитацій береться до уваги	0			
6	5	Наявність супутніх ризиків: Міжнародна мобільність викладачів	0			
7	6	Академічна доброчесність	0			
8	7	Процедура врахування результатів неформальної освіти	0			
9	8	Процедура дуальної освіти	1			
10	9	Мотивація студентів до наукової діяльності	1			
11	10	Залучення до аудиторних занять професіоналів-практиків	0			

Рис. 3 – Інтерфейс для факторів ризику

### Список посилань

1. ISO 31010:2009 Керування ризиком. Методи загального оцінювання.
2. СМЯ НАУ ДП 6.1–01–2021 Документована процедура «Управління ризиками в системі якості освітньої діяльності національного авіаційного університету».
3. ISO 9001:2015 Система менеджменту якості. Основні вимоги

УДК 004.4:005.7

Глушко С.О., аспірант

Харківський національний економічний університет, ім. С. Кузнеця, [s.hlushko@gmail.com](mailto:s.hlushko@gmail.com)

### ВИКОРИСТАННЯ PERT ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В АУТСОРС МОДЕЛІ СПІВПРАЦІ

Розробка програмного забезпечення - це складний процес, який вимагає високої точності планування і управління. Особливо це актуально в аутсорс моделі співпраці, коли розробка відбувається на основі контрактів між різноманітними компаніями, відповідно точність оцінок та ефективність процесу стає критичним для бізнесу та репутації компанії.

Один з підходів до поліпшення ефективності цього процесу - використання методу PERT, який був спеціально розроблений для планування та контролю проектів. PERT (Program Evaluation and Review Technique) - це статистичний інструмент, розроблений для планування, оцінки та контролю проектів. Він дозволяє визначити найбільш імовірний час виконання проекту, базуючись на трьох оцінках: оптимістичній (O), песимістичній (P) і найбільш ймовірній (M) [1]. Розрахунок відбувається за формулою:

$$Te = (O + 4M + P) / 6 \quad (1)$$

де  $Te$  – очікуваний час необхідний для виконання проекту (сукупності задач).

Маючи сукупність задач, а також їх часові оцінки можна побудувати граф, де вузли представляють окремі завдання, а ребра показують залежності між ними. Оскільки кожне завдання має три оцінки часу: оптимістичний, найбільш ймовірний і песимістичний, можна розрахувати очікуваний час завершення кожного завдання та всього проекту в цілому. Використання графу дає можливість визначити декілька можливих шляхів виконання проекту і дозволяє команді побачити, які завдання є критичними і вимагають особливої уваги, а також ідентифікувати можливі затримки в проекті. [2]

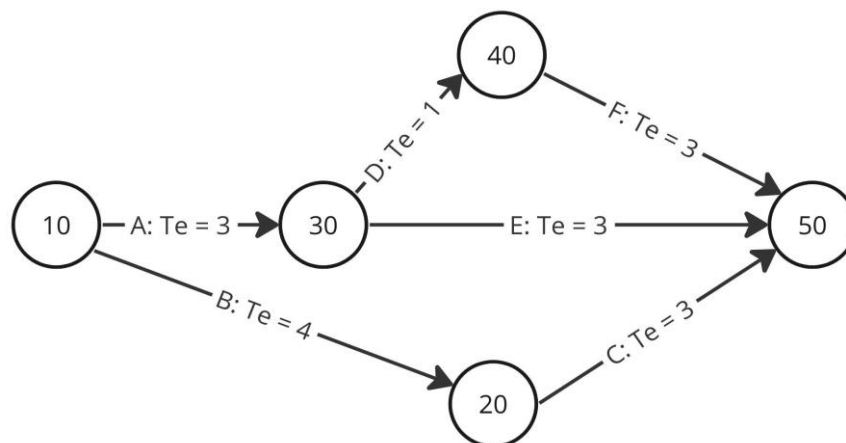


Рис. 1 – Приклад графу задач: 10 - 50 – віхи проекту; А - F – задачі

Метод PERT включає аналіз ризиків, оскільки він враховує нестабільність в оцінці часу завершення проекту. Значна різниця між оптимістичним і песимістичним прогнозами може вказувати на високий рівень невизначеності і, отже, ризику. Це дозволяє команді ідентифікувати і адресувати потенційні проблеми раніше.

#### Список посилань

1. What is a PERT chart? Plus, how to create one (with examples) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://asana.com/resources/pert-chart>.
2. PERT vs CPM in Project Management [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sprintzeal.com/blog/pert-vs-cpm>.

УДК 004.043

Турченко К.В., студентка  
Бабич Ю.І., канд. техн. наук, доцент  
Бабич М.І., канд. техн. наук, доцент

Національний університет «Одеська політехніка», [turchenko.8089481@stud.opu.ua](mailto:turchenko.8089481@stud.opu.ua)

## СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОНЛАЙН СЕРВІСІВ ПОШУКУ ТА ПРОДАЖУ КВИТКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

**Актуальність.** У реаліях сучасного світу зростає популярність онлайн платформ для купівлі різних речей. Онлайн квитки на авіа та залізничний транспорт не є виключенням [1, 2]. Більшість користувачів таких сервісів часто зустрічаються з різними проблемами, такими як незручність інтерфейсу користувача, відсутність необхідної та актуальної інформації на сайті, а також з труднощами в оформленні онлайн замовлення та його оплатою [3-5]. Це вказує на необхідність подальшого вдосконалення та оптимізації таких онлайн сервісів.

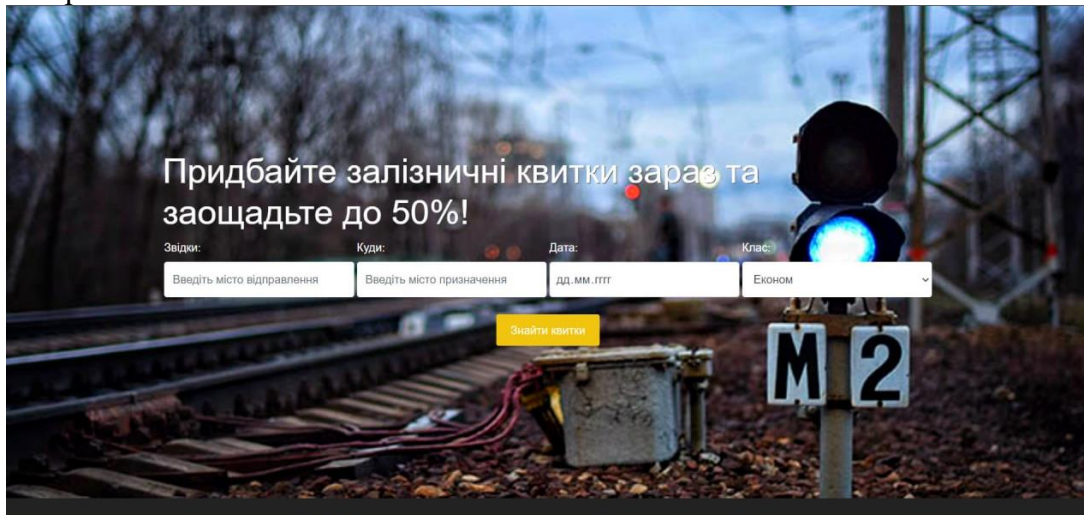


Рис. 1. – Головна сторінка онлайн-сервісу для пошуку та продажу залізничних квитків

**Метою дослідження** є організація процесу пошуку та оформлення онлайн замовлення квитків на залізничний транспорт.

**Об'єктом дослідження** є сучасні системи пошуку та купівлі онлайн квитків на залізничний транспорт.

**Результати дослідження.** Отримані результати дослідження показують зростання популярності онлайн-сервісів для придбання квитків на залізничний транспорт і важливість таких сервісів для організації подорожей. Оскільки, замовлення квитків, не виходячи з дому – це одна з найважливіших переваг подібних сервісів [6, 7]. Окрім цього, вирішено проблему незручності інтерфейсу користувача за допомогою використання сучасних технологій розробки та своєчасне подання актуальної інформації-розкладу руху потягів на екран. [8, 9]

**Висновки.** Результати дослідження підтверджують, що інтерес користувачів до зручного та ефективного способу придбання квитків без необхідності відвідування каси чи туристичного агентства зростає, адже це дозволяє економити час та зусилля, особливо в умовах сучасного активного способу життя.

Проблеми, з якими стикаються користувачі під час використання наявних онлайн-сервісів було виявлено за допомогою статистичного аналізу та виправлено шляхом оптимізації та вдосконаленням їх роботи [10-12]. Як показують результати дослідження, використання сучасних технологій розробки та постійне оновлення актуальної інформації і

функціоналу є ключовими факторами для поліпшення досвіду користувачів та забезпечення їх задоволеності від використання таких сервісів [13,14].

Дане дослідження підкреслює важливість розуміння потреб та вимог користувачів при розробці онлайн-сервісів для купівлі квитків на залізничний транспорт. Налагодження комунікації між розробниками та користувачами, збір фідбеку та врахування їхніх пропозицій і побажань є важливими кроками у поліпшенні функціоналу та якості таких сервісів.

#### Список посилань

1. Pokupon.ua [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blog.pokupon.ua/ru/pridbati-onlajn-kvitki-na-poizd-prostij-tutorial/>
2. Tickets.ua [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tickets.ua/uk/content/air/top-avia#>
3. Jiawei Li, Chao Chen, Kai Wang, Jiayi Peng Exploring the Determinants of Online Ticket Purchase Intention for Rail Transport: An Empirical Study in China - (Sustainability), [Текст] 2018.
4. Han, C., Zheng, L., & Lin, X. Understanding the Factors Influencing Users' Acceptance of Mobile Ticketing in Public Transport: A Literature Review. [Текст] – Journal of Advanced Transportation, 2020.
4. Chia-Chen Chen, Chin-Hsuan Chang, Kuo-Lun Hsiao Exploring the factors of using mobile ticketing applications: Perspectives from innovation resistance theory / Journal of Retailing and Consumer Services, Volume 67, July 2022, Article 102974. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969698922000674>
6. Електронні квитки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tickets.ua/content/train-electronic-ticket.html>
7. Law, R., Qi, S. and Buhalis, D., Progress in tourism management: A review of website evaluation in tourism research [Текст]/ – Tourism Management, 31(3), 2010, pp. 297 – 313.
8. Готгелф Дж. *Lean UX: applying lean principles to improve user experience*. O'Reilly Media [Текст], 2016. 184 с.
9. Хігні Дж. *Основи управління проектами / пер. з англ. Я. Машико. Фабула* [Текст], 2020. 272 с.
10. Вроблевскі Л. *Web form design*. WH Allen [Текст], 2008. 226 с.
11. Kalinic, Z., Marinkovic, V., Determinants of users' intention to adopt m-commerce: an empirical analysis. *Inf. Syst. E Bus. Manag.* 14, [Текст], 2016. 367–387.
12. Карвин Б. Программирование баз данных SQL. Типичные ошибки и их устранение. [Текст] Рид Групп, 2012. - 336 с.
13. Krug S. *Don't Make Me Think, Revisited: A Common Sense Approach to Web Usability* [Текст]. – New Riders, 2014.
14. Новиков, Б. А., Горшкова, Е. А., Графеева, Н. Г. (ред.). *Основы технологий баз данных: учеб. пособие*. 2-е изд. [Текст] М.: ДМК Пресс, 2020. – 582 с.

УДК 621.941-229.3:531.133

**Івановський О.А., канд. техн. наук, доцент**  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
[alexeiivanovskiy@gmail.com](mailto:alexeiivanovskiy@gmail.com)

### ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ З СУЧАСНИМИ САПР СИСТЕМАМИ

Інтеграція машинного навчання з САПР (системами автоматизованого проектування) відкриває широкі можливості для покращення ефективності та точності проектування в різних галузях, таких як механічне проектування, електроніка, інженерне моделювання.

Машинне навчання може використовуватись для автоматичного класифікування та розпізнавання об'єктів на основі зображень або 3D-моделей. Наприклад, у механічному проектуванні це може використовуватись для автоматичного визначення типу деталі, контролю якості або виявлення дефектів. Також може бути використане для автоматичної генерації моделей на основі певних критеріїв або вхідних даних потенційні проблеми в



проектах, що розробляються з використанням САПР систем. Для автоматичного класифікування та розпізнавання об'єктів на основі зображень або 3D-моделей використовуємо застосування згорткових нейронних мережі.

Згорткова нейронна мережа використовує матрицю ваг невеликого розміру для операції згортки. Ця матриця рухається по всьому шару, що обробляється, формуючи сигнал активації для нейрона наступного шару. Одна і та ж матриця ваг використовується для різних нейронів вихідного шару, що називається ядром згортки. Наступний шар одержує карту ознак.

Формула яка показує "рух" ядра  $w^l$  за вхідним зображенням або картою ознак  $y^{l-1}$ .

$$x_{ij}^l = \sum_{a=-\infty}^{\infty} \sum_{b=-\infty}^{\infty} \omega_{ab}^l \cdot y_{(i-s-a)(j-s-b)}^{l-1} + b^l \quad (1)$$

де  $i, j, a, b$  – індекси елементів у матрицях,

$s$  – величина кроку згортки,

$l$  та  $l-1$  – індекси шарів мережі,

$x^{l-1}$  – вхідне зображення мережі,

$y^{l-1}$   $x^{l-1}$  – після проходження вхідного зображення та активації

$w^l$  – ядро згортки

$b^l$  – зміщення

$x^l$  – результат операції конволюції.

Далі використовуємо:

1. **Збір даних** на її підставі будується подальший процес. По-перше, потрібно не прогати важливі ознаки, що описують об'єкт, по-друге, створити жорсткі критерії для прийняття рішення про ознаку.
2. **Препроцесинг**. Після того, як дані зібрані, їх необхідно підготувати. Цей етап називається препроцесингом. Основне завдання препроцесингу - відображення даних у формат, придатний для навчання моделі.
3. **Навчання моделі**. Вибравши модель та алгоритм навчання, бажано розділити вашу вибірку на частини: провести навчання на навчальній вибірці, що становить 70% від усієї, та пожертвувати 30% на тестову вибірку, яка буде потрібна для аналізу якості отриманої моделі.



Рис. 1 – Приклад розпізнавання об'єктів на основі зображень та її створення за допомогою динамічної згорткової нейронної мережі

#### Список посилань

1. Литвин, В.В. Глибинне навчання [Текст]/ В. В. Литвин – Львів: Львівська політехника, 2021. – 264 с.
2. Машинне навчання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://towardsdatascience.com/>

УДК 621.314:621.396.66

**Юзефович Р.М.,** докт. техн. наук, доцент

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м.Львів,

[roman.yuzefovych@gmail.com](mailto:roman.yuzefovych@gmail.com)

Національний університет “Львівська політехніка”, [roman.m.yuzefovych@lpnu.ua](mailto:roman.m.yuzefovych@lpnu.ua)

**Яворський І.М.,** докт. фіз.-мат. наук, професор

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, [ihor.yavorskyj@gmail.com](mailto:ihor.yavorskyj@gmail.com)

Бидгощська політехніка, Бидгощ, Польща, [javor@pbs.edu.pl](mailto:javor@pbs.edu.pl)

**Стецько І.Г.,** головний конструктор

**Стецько І.Я.,** інженер 1-ої категорії

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, [irastetsko59@gmail.com](mailto:irastetsko59@gmail.com)

## **ВІБРОДІАГНОСТИЧНА СИСТЕМА “КОМПАКТ-ВІБРО” ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБЕРТОВИХ МЕХАНІЗМІВ**

Вібродіагностична система (рис. 1) представляє собою портативний пристрій неруйнівного контролю для відбору та зберігання даних вібраційних сигналів, щоб виявляти і попереджати аварійні ситуації на механізмах з обертовим або обертово-поступальним рухом. Для аналізу вібраційних сигналів використовуються методи статистичного аналізу, що ґрунтуються на теорії та методах періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП) [1].

У залежності від поставленої задачі можна записувати сигнали віброприскорення чи віброшвидкості. Антиелайзинговий фільтр, фільтри нижніх та верхніх частот забезпечують мінімальні спотворення та формують робочі частотні діапазони. Аналого-цифровий перетворювач є 12-ти розрядним з мультиплексуванням вхідних каналів та може працювати з 4-ма диференційними чи 8-ми каналами із загальним провідником. Кожен із аналогових каналів підключається до аналого-цифрового перетворювача через програмно керований підсилювач, який дозволяє задавати один із чотирьох діапазонів виміру напруги. Чутливість перетворювача заряду, тип фільтрів, їх частотні характеристики, величини вхідної напруги, час запису на твердий диск комп'ютера та інші робочі параметри задаються програмно з персонального комп'ютера за допомогою прикладного програмного забезпечення.

Прикладне програмне забезпечення призначене для реалізації процесу запису відібраних вібраційних сигналів на твердий диск персонального комп'ютера, візуального перегляду як реєстрованих, так і збережених на твердому диску даних, математичної обробки вібраційних сигналів, генерування графічно-текстових звітів, відображає часову розгортку сигналу по вибраному каналу реєстрації, обчислює середньоквадратичне значення віброшвидкості або віброприскорення по кожному з реєстрованих каналів у режимі реального часу, обчислює кореляційну функцію вібросигналів та спектральну густину потужності по каналах відбору.



Рис. 1 – Зовнішній вигляд вібродіагностичної системи “КОМПАКТ-ВІБРО”

### **Список посилань**

1. Яворський І.М. Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань. Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів, 2013. – 804 с.



**СЕКЦІЯ 9**  
**ЕКОНОМІЧНІ, ПРАВОВІ ТА СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ**  
**АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ**  
**ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ. ПРОБЛЕМИ ОСВІТИ**

УДК 316.614

**Москаленко В. В., докт. філософ. наук, професор**  
Інститут психології імені Г.С. Костюка НАПН України, м. Київ, [moskavv@ukr.net](mailto:moskavv@ukr.net)

**ІДЕНТИЧНІСТЬ ОСОБИСТОСТІ ЯК ПРОЕКЦІЯ ЇЇ СВІТОГЛЯДУ (В КОНТЕКСТІ**  
**ТЕНДЕНЦІЙ НАУКОВОЇ СПАДЩИНИ КИЇВСЬКОЇ ШКОЛИ ФІЛОСОФІЇ**  
**КУЛЬТУРИ)**

Проблема ідентичності, яка пов'язана з визначенням особистістю свого «Я», за своїм значенням виходить на одне з перших місць в сучасному демократичному суспільстві, яке проголошує право вибору людиною свого «Я» у ситуації множинності можливостей. Не зважаючи на чисельність наукової літератури з проблеми ідентичності, в ній недостатньо уваги приділено зв'язку ідентичності зі світоглядом. Саме це спонукає звернутись до джерел вітчизняної наукової спадщини Київської школи філософії культури, в центрі досліджень якої є проблема світогляду, а також закладено тенденції розглядати світогляд людини як її ідентичність у особистісному вимірі.

Методологією дослідження є історико-психологічна інтерпретація наукових джерел, що належать до спадщини Київської школи філософії культури. Зокрема, використано інтерпретацію світогляду людини, як змістовий вияв її свідомості у окремого індивіда.

Об'єктом дослідження визначено- ідентичність особистості, як виявлення її світогляду, предметом—ідентичність особистості, як проекція її світогляду.

Мета: на основі світоглядно - антропологічної концепції, розробленої мислителями Київської школи філософії культури, проаналізувати ідентичність особистості як проекцію її світогляду.

Сутністю світоглядно - антропологічної концепції Київської школи філософії культури є проблема світогляду особистості, яка розглядається, по-перше, у парадигмі відношення «людина-світ»; по-друге, як змістове наповнення свідомості, зміст якого визначається «світом» (свідомості без світогляду не буває); по-третє, світогляд розглядається, як таке відношення до світу, яке опосередковано індивідуальним досвідом, тобто як «Я» особистості; по- четверте, світогляд людини розглядається як відношення людини до світу, що опосередковується її чуттєвістю (введено категорію «світовідношення» для визначення цієї особливості).

Із розуміння світогляду людини, як усвідомлення її «Я» особистості, в ракурсі світоглядно-антропологічної концепції школи Київської школи філософії культури впливає, що «ідентичність особистості» є концептом, в якому світ людини відображено як індивідуальна форма світогляду людини, що проектується в ній не тільки як засіб відображення, пізнання, а й як форма самосвідомості й цілепокладання, що виникають і розвиваються у плині розмаїтого освоєння світу людиною.

З розгляду світогляду як індивідуальної форми його виявлення у особистості впливає, що ідентичність особистості є її світоглядом, який проектується в ідентичності. Психологічний механізм проекції світогляду на ідентичність особистості спирається на асоціативну властивість мислення, яка полягає у здатності створювати зв'язки між різними явищами завдяки побудові узагальнених стратегій через поєднання ідей з різних галузей досвіду, що допомагає вийти на досягнення поставленої задачі. Проекція світогляду в ідентичності особистості відбувається за законом реципрокності, згідно з яким зміст

структурних складових світогляду та ідентичності, співпадаючи за своєю сутністю, трансформується у відповідності з індивідуальним досвідом.

Із аналізу опосередковуючої функції чуттєвості у відношенні людини до світу випливає, що змістові характеристики ідентичності особистості є проекцією її свідомості на різних рівнях чуттєвості. Для характеристики індивідуального виміру та чуттєво-емоційної забарвленості світогляду людини існує категорія «ставлення», як проекція категорії «світовідношення» (В. Шинкарук) на характеристику ідентичності особистості, в якій підкреслюється її духовно-чуттєва сторона. В українській мові поняття «ставлення» має аксеологічний відтінок, тобто вміщує в собі ціннісне відношення, яке включає духовні цінності людини. Отже світогляд, як світовідношення (відношення у парадигмі «людина-світ») проектується в ідентичності особистості, як її ставлення до світу. Для визначення особливостей структурних складових світогляду людини їх забарвленістю чуттєвістю використано таку систему категорій, що розроблено київськими науковцями («світосприйняття», «світорозуміння», «світовідчуття» та «світоперетворення»), які відповідають трикомпонентній структурі свідомості особистості (когнітивна, афективна та конативна складові). Чуттєвість, як проекція складових світогляду на різних рівнях структурних складових ідентичності особистості виявляється у особливих формах. Так, особливістю проекції «світосприйняття» та «світорозуміння» на когнітивну складову ідентичності особистості є те, що чуттєвість трансформується в ній у формі «картини світу», а у світорозумінні - у формі «образу світу». Чуттєвість у «світоперетворенні» трансформується у конативному компоненті ідентичності особистості у формі вищих почуттів [мораль, ідеал, віра, надія, любов, гідність, честь тощо (В. Шинкарук)].

На основі застосування методології історико-психологічної інтерпретації наукових джерел, що належать до спадщини Київської школи філософії культури визначено ідентичність особистості як проекції її свідомості.

Перспективою подальшого дослідження є розкриття змісту та сутності світогляду особистості, як виявлення її ідентичності в сучасних умовах.

*UDC 389.14:006.354*

**Sydorko I.I., senior researcher**

State enterprise "Lviv Research and Production Center of standardization, metrology and certification", Lviv [sydorko-i@ukr.net](mailto:sydorko-i@ukr.net)

**Baitsar R.I., Doctor of Technical Sciences, Professor,**  
Lviv Polytechnic National University, [baitsar@ukr.net](mailto:baitsar@ukr.net)

## **MANAGEMENT OF THE QUALITY OF SERVICES IN CLINICAL DIAGNOSTICS**

Laboratory medicine is the most important component of the field of health care because it is the clinical diagnostics (CD) of medical institutions that provide the basic information that allows you to assess the patient's health, monitor the dynamics of treatment, and predict the future state. Based on this, the results of laboratory diagnostics are of national importance as a tool for monitoring the state of citizens' health. The main criteria for the advantages of CD at the current stage of the development of the medical field are the quality, accuracy, and timeliness of the obtained research results. The quality of laboratory services must be formed and ensured at all stages: from the moment of determining their need and the collection of biological material throughout the entire period of research and until the results are issued.

The strategy of reforming CD in Ukraine is focused on the international requirements of this industry, in particular on the implementation of international quality standards of the ISO 9001 series [1] and the creation of effective quality management systems (QMS). The QMS provides coordinated actions that direct and control the organization's activities related to quality. In the

system, all aspects of laboratory activity, including organizational structure, processes, and procedures, are considered from the point of view of quality assurance and improvement.

The problem of ensuring the quality of laboratory research is one of the central problems of modern laboratory medicine. Only with the help of clear organization and quality laboratory tests can it be expected that each result provided in the authorized report can be used by the doctor to make diagnostic decisions and appropriate treatment. The report examines topical issues of quality management of medical services and their implementation in practical activities. To ensure the proper quality of research results, serious problems are created by many objective and subjective factors. To eliminate the influence of these factors, a course was taken to develop national standards in the field of laboratory medicine, using international experience in developing standards that regulate requirements for the organization of clinical diagnostic laboratories (CDL) and laboratory analysis tools.

Today, prevention, as management of the quality of the patient's health, has become the dominant branch of medicine, whereas laboratory diagnostics, which can detect the risks of many diseases, occupy the last place. The presence in the health care system of only certain fragments of the risk of activity necessitates the formation of an effective complex risk management system for the vast majority of them, which must be formed in compliance with certain requirements and principles: determination of the features of the formation of the system; optimization of the risk management model of medical structures; substantiating the prerequisites for implementing a comprehensive medical risk management system and evaluating the effectiveness of its functioning [2].

In many countries of the world, in order to improve the safety of medical care, reduce costs for its provision, and increase the satisfaction of the population with medical services, issues of managing the quality of medical care are actively developed and implemented in practical activities. CDLs that have implemented the QMS work practice confirm their organizational competence by accrediting the laboratory for compliance with the requirements of this standard. Laboratory quality can be defined as the accuracy, reliability, and timeliness of providing the most accurate results. All aspects of laboratory activity must be reliable, and research results must be issued in a timely manner for effective use in medical and diagnostic purposes. Technical competence is ensured by the implementation of the DSTU standard ISO/IEC 17025:2017 [3].

DSTU EN ISO 15189 was developed and intended for use only by medical laboratories and to ensure professional competence. This standard establishes special requirements for the quality and competence of medical laboratories. It is an instruction on quality management in the CDL and the organization of technological processes to ensure the quality of medical laboratory research [4]. The standard applies to all currently recognized types of medical laboratory services. It is used by CDL in combination with other standards that regulate the activity of the laboratory.

The main requirement for laboratory research is to provide reliable information to clinicians. This, first of all, determines the requirement for the quality of clinical laboratory research, which ensures the correct and timely appointment of the analysis for the patient, performed at a sufficiently high analytical level with the necessary information for its interpretation. Only with clear organization and high-quality conduct of laboratory research, it is possible to expect that each result can be used by the doctor to make decisions that change the treatment regimen. One of the ways to determine the competence of CDL and the quality of their research is to conduct an independent quality assessment. Analyzes cannot be considered true without proper quality control.

In general, the management of the field of clinical laboratory research should take place in the conditions of optimization of state programs for improving the quality of laboratory research, the ultimate goal of which is a minimal or zero level of errors in the work of laboratories. This, in turn, will improve the overall level of medical services.

Of course, the implementation of standards of organizational, technical, and medical competence cannot guarantee the error-free operation of medical laboratories, but they allow the achievement of stable and repeatable results of the activity.

If a medical institution is really interested in providing high-quality patient care, it will never lose the opportunity to check the accuracy of its diagnostic and treatment medical equipment once again. Methodological aspects of organizing the quality system and improving the efficiency of medical care are also important.

#### References

1. DSTU ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) Quality management systems. Requirements
2. Sydorko I. Risk management in clinical and diagnostic laboratories/ I. Sydorko, R. Baitsar //Measuring technique and metrology. – 2020. – vol. 2 (81). – P. 30– 38.
3. DSTU ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
4. DSTU EN ISO 15189:2015 Medical laboratories. Requirements for quality and competence (EN ISO 15189:2012, IDT).

УДК 338

**Григор'єва Н.С., докт. техн. наук, професор**  
**Шабайкович В.А., докт. техн. наук, професор**  
Луцький національний технічний університет, [vik\\_shabajkin@ukr.net](mailto:vik_shabajkin@ukr.net)

### СУЧАСНЕ ВИРОБНИЦТВО ПРОДУКЦІЇ

В умовах ринкової економіки і глобалізації головними проблемами є якість та конкурентоспроможність продукції та ефективне виробництво, де вона виготовляється. Це складна багатопланова проблема, залежна від багатьох чинників. Підвищення ефективності виробництва неможливе без знання його суті та сучасних особливостей. Випуск якісної та конкурентоспроможної продукції включає широкий круг проблем від проектування продукції, вибору необхідних дешевих, але якісних матеріалів і сировини, необхідної дешевої енергії, їх гарантованого постачання, технології виготовлення продукції, до створення потрібної матеріально-технічної бази виробництва, забезпечення мінімальних витрат виготовлення та достатньої кваліфікації виробничого персоналу, організації виробничих процесів, постачання та збуту продукції.

Об'єктивна необхідність підвищення рівня виробництва полягає в його здешевленні при забезпеченні якості та конкурентоспроможності продукції, що випускається. Ця проблема на виробництві вирішується в тісному взаємозв'язку з іншими загальними функціями підприємства, такими як маркетинг, інженерний супровід, кваліфікація персоналу і тому подібне. Проблема по своїй суті в першу чергу є технічно-організаційною та фінансовою, яка повинна вирішуватися інженерними методами. Чітко визначається схема раціональних вирішень проблем основ сучасного виробництва - вживання економного підприємництва, ефективного виробництва продукції за різних умов випуску, організації, технологічних процесів виготовлення, інновацій та інвестицій, економіки, організації впровадження вітчизняного досвіду підприємств ВПК, міжнародного досвіду та багатьох інших.

При удосконаленні виробництва на перше місце повинне висуватися впровадження бережливого виробництва (*Lean Production*), яке забезпечує виготовлення якісної та конкурентної продукції при мінімальних витратах. Сьогодні бережливе виробництво широко застосовуються на Заході та Сході, а в Україні використовується лише окремими компаніями, що свідчить про байдужість до нововведень і нерозуміння їх суті. Це укладається в цілісну комплексну систему: якість продукції – її конкурентоспроможність – мінімальна витратність – сучасне ефективне виробництво. Проблема витратності та забезпечення високої якості продукції вирішується в тісному зв'язку з іншими функціями

підприємства та ринку. Передбачається постійний супровід роботи підприємства інжинірингом і економінгом, що приводить до підвищення ефективності виробництва і забезпечення зростання продуктивності праці.

При ринковій економіці виготовлення продукції виконується не централізовано, а по заявках ринку. Тому концепція виробництва полягає в тому, що покупці вважають за краще придбання якісної продукції завдяки широкій доступності та низьким цінам. Кращою формою виготовлення якісної та конкурентної продукції є підприємництво, як особливий тип господарювання.

Продукція повинна виготовлятися по спеціальним процесам, наприклад, CALS-технологіям. Управління виробництвом має представляти реалізацію цілого набору планових, облікових і управлінських завдань. Комп'ютеризація виробництва забезпечує планування та облік практично всіх завдань. CALS-технології - це безперервна інформаційна підтримка життєвого циклу продукції на всіх її стадіях при використанні єдиного інформаційного простору. До основних компонентів CALS -технологій належать системи і засоби: CAD/CAM/CAE - системи, засоби реалізації технології паралельного проектування в режимі групового використання даних, засоби управління проектними та інженерними даними, методики візуалізації та розробки документації, засоби обміну даними і стандартні інтерфейси для спеціалізованих систем, засоби розробки прикладного програмного забезпечення, методики аналізу процесів підприємства в проектно-технологічній, виробничій та управлінській сферах.

Відоме нове виготовлення продукції, засноване на використанні пошарового створення за допомогою 3D-сканерів і 3D-принтерів. Відоме використання 3D-принтерів в архітектурі, машинобудуванні, медицині, харчовій, взуттєвій та швацькій промисловостях і багатьох інших галузях.

Відомий великий досвід передових зарубіжних країн Японії, США, Європи, який має різні відмінності, але може застосовуватися в промисловості України. На жаль, його використання незначне, що пояснюється цілим рядом причин, головна з яких - нерозуміння їх суті, байдужість і бажання миттєвого збагачення за будь-яку ціну.

Всі технологічні процеси представляються у формі стандартної технологічної документації: маршрутної та операційної карт, карт ескізів, контрольних карт, відомостей технологічного оснащення, що містять опис процесу з вказанням устаткування, оснащення, витрат часу, опису технологічних операцій з зазначенням переходів, режимів виготовлення тощо.

Суттєво зменшити витрати виробництва можна також застосуванням інтелектуальних систем прийняття рішень. Такі рішення особливо доцільні при виготовленні продукції за нечітких умов, коли застосування традиційних засобів вважається неефективним. У загальному в інтелектуальну підтримку прийняття рішень входять: аналіз і синтез необхідної інформації, методи ідентифікації побудови нечіткої системи, генерування її нечіткої бази за допомогою штучних засобів, методи і алгоритми підтримки прийняття виробничих рішень, інтерактивний алгоритм вирішення багатокритеріальних завдань оптимізації з використанням генетичних алгоритмів, розробка пакета прикладних програм реалізації інтелектуальної системи прийняття рішення та багато іншого.

Системний підхід дозволяє виділити і описати чотири блоки: формування якості продукції, її конкурентоспроможності, супроводжуючих виробничих витрат, забезпечуючого сучасного виробництва, що дозволяють намітити основи маловитратного виробництва, що вирішують як проблеми якості, так і конкурентоспроможності продукції, яка випускається. Вперше вказані причини негативного впливу на якість, конкурентоспроможність і виробництво законодавства, дій державних і регіональних властей, бізнесу, взагалі довілля.

УДК 65.005

Савенко В.І., докт. техн. наук, професор  
Клюєва В.В., старший викладач  
Нестеренко І.С., канд. техн. наук, доцент

Київський національний університет будівництва і архітектури, vvk27@ukr.net

## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД НА ДІАЛЕКТИЧНІЙ ОСНОВІ ДО АНАЛІЗУ ОРГАНІЗАЦІЙ

Організації відносяться до числа надскладних систем: вони складаються з елементів та підсистем різної природи (технічні, правові, психологічні, соціокультурні), вони багатофункціональні (виробляють продукцію, послуги, формують людину та довкілля).

Системний підхід дозволяє розглянути організацію як систему, як ціле, адже основою його є принцип інтеграції. Від нього походить цілий ланцюг похідних принципів, головні з яких – цілісність об'єкта та комплексність його аналізу, ієрархічність та взаємозалежність елементів.

У той же час у практичному застосуванні системного підходу акцентується увага на рівновазі системи, її внутрішній несуперечливості. Такі трактування доводять образ системи до замкнутості та нерухомості, позбавляючи її динаміки. Але ж це динамічні об'єкти, суперечливі та розвиваються. Цілісність їх відносна, розвиток – неминучий. Для аналізу таких об'єктів давно та ефективно застосовується діалектичний метод.

Беззаперечною перевагою діалектичного методу є орієнтація на розкладання об'єкта на протилежності, (антиномії) пошук джерела його розвитку та самоорганізації у внутрішніх протиріччях, об'єкт виглядає напруженим, мінливим. Основа його функціонування – взаємодія суперечливих властивостей, одночасно йому притаманних. Співіснування обох цих способів аналізу дійсності – сьогодні дуже актуальне і не цілком вирішене питання. Але можна вважати безсумнівним переважне використання їх в єдності, у взаємодії. Тенденції розвитку науки підводять дослідників до необхідності розробки системного підходу на діалектичній основі як єдиної загальнонаукової методології, яка має дійсно нові можливості. Такий підхід є оптимальним для вивчення організацій.

Системний підхід на діалектичній основі полягає у розгляді об'єкта у напруженому стані через виділення у ньому істотних протиріччя, як основи його розвитку. Такий підхід приймає як аксіому те, що протиріччя неминучі і природні для складних, багатовимірних систем.

Системний підхід знає один головний спосіб аналізу об'єкта – через розкладання його на підсистеми. Тоді у центр уваги висуваються структурні зв'язки об'єкта, взаємодія його складових частин. Діалектика ж вводить інший принцип аналізу об'єкта – через його різноякісність, тотожність у багатозначності. Інакше кажучи, один і той же об'єкт в один і той же час має істотно різні, багато у чому протилежні якості. Без такого способу аналізу об'єкта іноді просто не можна обійтися. Системний підхід на діалектичній основі (або цілісний підхід) передбачає визначення внутрішньої суперечливості складної системи як цілого. Саме такою цілісною, складною, суперечливою системою є організація.

Основними аспектами організацій є:

- організація створюється як інструмент вирішення суспільних завдань, як засіб досягнення цілей; головними чинниками виступають організаційні цілі та функції, ефективність результатів, мотиви і стимули для персоналу;
- організація складається як людська спільнота, специфічне соціальне середовище; з такої позиції організація виглядає як сукупність соціальних груп, статусів, норм, відносин лідерства, згуртованості чи конфліктності та ін.;
- організація може бути розглянута як безособова структура зв'язків і норм; предметом аналізу організації у цьому сенсі виступають її організаційні зв'язки, побудовані ієрархічно,



а також її зв'язки із зовнішнім середовищем. Основні проблеми – це рівновага, самоврядування, поділ праці, керованість та ін.

Всі ці властивості організації мають лише відносну самостійність, між ними немає різких граней, вони постійно переходять одне в інше. Будь-які елементи, процеси і проблеми організації повинні бути розглянуті в кожному з цих трьох вимірів, бо вони виступають тут в різних якостях.

Життєвий цикл організації – властивість, притаманна усім системам, усім організаціям. Найбільш відомою та визнаною схемою є схема Іцхака Адізеса. [1] Фаза росту включає зародження, навчання, накопичення навичок, досвіду. Фаза зрілості або розквіту – стабільний період благополучного існування організації, коли все налагоджується, впорядковується, систематизується, розвивається. Це вершина розвитку, вершина параболи, де ліва гілка кривої – це розвиток. Потім відбувається спадання по правій гілці параболи – це вже старіння і розпад. Отже, третя фаза життєвого циклу організації – це старіння і розпад, коли адміністративна бюрократія бере гору над ініціативою та підприємництвом, зростає інертність, боротьба за безпеку і спокій та втрата конкурентоздатності. Співвідношення таких характеристик, як динаміка і контроль, визначають фази життєвого циклу організації. Ріст – багато динаміки і менше контролю (функції формуються). Зрілість – рівновага динаміки і контролю (функції сформовано).

Старість – більше контролю і менше динаміки (люди підбираються під сформовані функції). Рух по параболі від зародження до розпаду характерний для природніх систем. У штучних системах, таких, як будівельна організація старіння та розпаду можна уникнути, оновлюючи організацію і відновлюючи ресурси у фазі зрілості та розвитку. Коли структура і ресурси організації оновлюються, то на відміну від живих природніх систем можна уникнути старіння та розпаду. Крім того, треба не забувати головний чинник і головне джерело сили і енергії – духовність організації.

Високий дух та ентузіазм є джерелом, головною складовою успішного розвитку – синергії [2]. Духовні організації живуть на землі значно довше, ніж ті, що ставлять за мету прибуток. Це фундаментальне твердження додає оптимізму у пошуках ділової досконалості, ефективного розвитку та нескінченно довгого процвітання у тому числі будівельної організації. Це твердження гіпотетичне, але довести його правильність можливо і необхідно. Виявлення таких загальних властивостей систем дає конкретний напрямок для ефективного розвитку.

У міру розвитку організацій змінюється і оргструктура та ресурсне наповнення. І так від початку до розпаду, якщо десь вчасно не вноситимуться відповідні зміни, або до нескінченності, якщо фірма вчасно і адекватно буде мінятися [3].

Це можливо за умови вміння чітко бачити і планувати своє майбутнє. Виходячи з того, що будівельна організація має системну природу, знання загальних законів і системних підходів дає ключі до секретів ефективного розвитку організації.

#### Список посилань

1. Adizes I. Corporate Lifecycles: How and Why Corporations Grow and Die and What to Do About It./ Adizes I. – NJ: Prentice-Hall, 1988. – 361 p.
2. Савенко В.І. Фактори ефективного розвитку будівельної організації / В.І. Савенко, І.С. Нестеренко, В.В. Ключова // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.3. – С. 192 – 195.
3. Менеджмент якості в будівництві та виробничі організаційні системи. 3-тє вид. випр. та доп.: монографія / під. заг. ред. Савенка В.І., Виноградова В.В. – Київ: Центр учбової літератури, 2022. – 236 с.

УДК 621.941-229.3:531.133

Ромашко А.С., канд. техн. наук, доцент  
Шишкін В.М., канд. техн. наук, доцент  
Кравець О.М., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
as\_romashko@ukr.net

## ПОШУК СТАНДАРТІВ ДЛЯ КОНКРЕТНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Пошук національних стандартів досить часто є складною задачею як для розробника, так і для здобувача вищої освіти. Визначити вимоги до продукції перед етапами розробки технічного завдання/ проектування та виробництва важливо, бо на ринок має потрапити продукція з певними технічними характеристиками і така, що відповідає вимогам безпеки.

Пошук стандартів на конкретну продукцію може здійснюватись за двома варіантами:

- на продукцію поширюються вимоги технічного регламенту;
- продукція не підпадає під дію жодного технічного регламенту.

Якщо продукція знаходиться в законодавчо-регульованій сфері і на неї поширюються вимоги технічного регламенту, то для цілей оцінки відповідності вимогам технічних регламентів, як додатки до цих технічних регламентів, видаються переліки стандартів, виконання вимог яких забезпечує презумпцію відповідності продукції. Варто зазначити, що в Україні діє більше сотні технічних регламентів, а їх перелік наведений на сайті Міністерства економіки України в розділі «технічне регулювання» [1], там же приведено переліки національних стандартів під технічні регламенти [2]. Тобто в цьому випадку визначення нормативних документів не є складним.

Якщо продукція не знаходиться в законодавчо-регульованій сфері і на неї не розповсюджуються вимоги технічного регламенту, тоді потрібно знайти відповідні нормативні документи. Шляхи пошуку стандарту:

- за назвою виробу через інструмент Google;
- за каталогом Національних стандартів та Кодексів усталеної практики Національного органу стандартизації, функції якого виконує ДП «УкрНДНЦ» [3] (при цьому може бути доцільно попередньо визначити код нормативного документа за НК 004:2020 «Український класифікатор нормативних документів» [4]);
- за спеціалізованою базою стандартів, наприклад за базою НПЦ «Леонорм» [5].

Через інструмент Google шукати не рекомендуємо – багато інформаційного шуму і не відомо чи знайдений стандарт виявиться актуалізованим та чинним.

Пошук в каталозі ДП «УкрНДНЦ» [3] передбачений, але нам не вдалось отримати коректні результати. В цьому ж каталозі [3] є можливість пошуку за класом НК 004. Коли шукач інформації натискає потрібний йому клас – він переадресовується на інформаційну базу, щодо стандартів, які входять до обраного класу (наприклад, клас 21. «Механічні системи та складники загальної призначеності») і вже в цьому класі є можливість реалізації пошуку. Результат пошуку цікавий тим, що інформація щодо стандарту містить поля, які можуть допомогти визначити доцільність придбання стандарту, зокрема, сферу застосування (зазначена не для всіх стандартів), дату набрання чинності, наявність змін, мова, метод прийняття (рис.1). Позначення документу є гіперпосиланням, натиснення на яке переключас клієнта на інформацію щодо купівлі стандарту.

Пошук нормативних документів на сайті НПЦ «Леонорм» [5] зручніший, можливий за частиною позначення стандарту чи за ключовими словами і він не прив'язаний до НК 004 (рис.2), але, як можна судити з рис.2 інформації про знайдений стандарт набагато менше. Варто зазначити, що ми здійснювали пошук без заходу в платну зону сайту. Якщо зареєструватися і заплатити – інформації стане більше.

Код згідно з НК 004	Позначення НД	Позначення міжнародних та регіональних НД	Назва НД	Сфера застосування	чинність НД в Україні	чинність від	чинність (ПЕРЕКЛАД)	чинність до	Кількість сторінок в НД	Наявність змін та поправок до НД	Позначення НД який замовлено	Позначення НД який замовлено	Наказ про прийняття НД
21.040.10	ДСТУ ISO 261:2005	ISO 261:1998	Нарізі метричні ISO загальної призначеності. Загальні положення	Цей стандарт установлює вимоги до метричних нарізів ISO (M) загальної призначеності з основним профілем згідно з ISO 68-1. Основні розміри нарізів — згідно з ISO 724. Допуски — згідно з ISO 965-1	чинний	2008-01-01			10				2005-09-02 № 239
21.040.10	ДСТУ ISO 262:2005	ISO 262:1998	Нарізі метричні ISO загальної призначеності. Вибір розмірів для гвинтів, болтів та гайок	Цей стандарт установлює розміри метричних нарізів ISO (M) загальної призначеності з основним профілем згідно з ISO 68-1 для болтів, гвинтів та гайок ряду діаметрів від 1 мм до 64 мм. Ці розміри рекомендовано для застосування у загальному	чинний	2008-01-01			8				2005-09-02 № 239

Рис. 1 – Одне з вікон каталога [3] після входу в клас 21

ЗАВАНТАЖИТИ БЛАНК ЗАМОВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ ННЦ "ЛЕОНОРМ"  
ЗНАЙТИ ТА ЗАМОВИТИ ОФІЦІЙНІ КОПІЇ ТЕКСТІВ СТАНДАРТІВ (ДСТУ, ДСТУ Б, ДСТУ ISO, ДСТУ EN, ДСТУ IEC, ГОСТ, ...)

Пошук:  Всі бази даних  ВеБ  Леонорм

Показачки стандартів. Пошук:   Розширений пошук

Результати пошуку:  
Знайдено записів: 7 Сформовано сторінок: 1

№ з/п	Позначення	Назва	Стан документа	Замовити	
				К-ть сторінок	Замовити, шт.
1	ДСТУ ISO 261:2005	Нарізі метричні ISO загальної призначеності. Загальні положення (ISO 261:1998, IDT)	чинний	10	<input type="text"/>
2	ДСТУ ISO 262:2005	Нарізі метричні ISO загальної призначеності. Вибір розмірів для гвинтів, болтів та гайок (ISO 262:1998, IDT)	чинний	8	<input type="text"/>
3	ДСТУ ISO 68-1:2005	Нарізі ISO загальної призначеності. Основний профілем. Частина 1. Нарізі метричні (ISO 68-1:1998, IDT)	чинний	8	<input type="text"/>
4	ДСТУ ISO 724:2005	Нарізі метричні ISO загальної призначеності. Основні розміри (ISO 724:1993, IDT)	чинний	11	<input type="text"/>
5	ДСТУ ISO 965-1:2005	Нарізі метричні ISO загальної призначеності. Допуски. Частина 1. Основні характеристики (ISO 965-1:1998, IDT)	чинний	22	<input type="text"/>
6	ДСТУ ISO 965-2:2005	Нарізі метричні ISO загальної призначеності. Допуски. Частина 2. Граничні розміри зовнішніх і внутрішніх нарізів. Середній клас точності (ISO 965-2:1998, IDT)	чинний	11	<input type="text"/>
7	ДСТУ ISO 965-3:2005	Нарізі метричні ISO загальної призначеності. Допуски. Частина 3. Відхили (ISO 965-3:1998, IDT)	чинний	28	<input type="text"/>

\*\* Тільки для міждержавних стандартів (ГОСТ), якщо Ви у полі 'Стан документа' побачите значення 'прийнятий МДР', то це означає, що даний ГОСТ - прийнятий Міждержавною радою зі стандартизації, метрології та сертифікації (МДР) Співдружності Незалежних Держав (СНД), але в Україні не прийнятий (тобто не чинний в Україні).

Рис. 2 – Результат пошуку з ключовими словами на сайті [5] ННЦ «Леонорм»

При конкретних пошукових задачах може бути доцільним скористатись пошуком за інформаційними базами обох вищезрозглянутих пошукових систем.

### Список посилань

1. Технічні регламенти Міністерство економіки України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=10f8850c-347e-43c9-a87a-b11a4787cfd&tag=TekhnichniReglamenty> (дата звернення: 04.05.2023).

2. Переліки національних стандартів під технічні регламенти | Міністерство економіки України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=fbe1ad1b-6d48-407e-a2bd-aae55f31afec&tag=PerelikiNatsionalnikhStandartivPidTekhnichniReglamenty> (дата звернення: 04.05.2023).

3. Національний орган стандартизації ДП «УкрНДНЦ». Каталог національних стандартів та кодексів ustalеної практики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://catalog.uas.org.ua/> (дата звернення: 04.05.2023).

4. НК 004 – ДП "УкрНДНЦ". [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uas.gov.ua/standardization/nk-004/> (дата звернення: 04.05.2023).

УДК 658.1: 65.012.3

Попик О.В., канд. екон. наук, Голова правління  
ГО «НДЦ «ЕКОПРОЕКТ», м. Чорноморськ, [o.v.popik@gmail.com](mailto:o.v.popik@gmail.com)

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РІШЕННЯ В РОЗБУДОВІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА

Зростання ролі та значущості інформації в усіх сферах суспільного життя наразі є домінуючою парадигмою, що формує та визначає стратегічні орієнтири розвитку в соціальній сфері, бізнес середовищі та політичному просторі. Інформаційні технології наразі розглядаються як провідний інструмент в розбудові ефективних управлінських систем та є підґрунтям прийняття найбільш оптимальних управлінських рішень зокрема й в умовах невизначеності.

Сфера управління якістю (УЯ) підприємства посідає одне з провідних місць у загальній структурі організації процесу реалізації різногалузевої діяльності суб'єктів господарювання всіх форм підпорядкування, уособлюючи у собі загальнометодичні принципи та засади в системі забезпечення стандартів і вимог до кінцевого продукту, а також до процесів його життєвого циклу [1]. Впровадження та широке використання інформаційних технологій в процесі УЯ може розглядатися як необхідний елемент підвищення конкурентоспроможності підприємства та забезпечення сталих параметрів продукту, що визначається в т.ч. як одна з вимог міжнародних стандартів в сфері УЯ.

Трансформаційні процеси діджиталізації систем УЯ вже наразі набули свого достатньо широкого поширення як в Україні так і в світі. Це обумовлюється низкою причин, серед яких доречно виділити наступні [2]:

- по-перше, багато цифрових рішень є передумовою покращення якості та характеристик продукції та послуг, що впливає на загальну систему УЯ підприємства та його економічні показники;

- по-друге, цифрові технології відкривають нові форми взаємодії з клієнтом (покращення функції зворотнього зв'язку), що призводить до оптимізації процесів використання клієнтських даних у реальному часі і відповідний пошук найбільш оптимальних рішень;

- по-третє, підтримка процесів в середині системи УЯ (робота з рекламаціями, архівація результатів внутрішніх та зовнішніх аудитів, тощо) забезпечує вдосконалення інтервальних процесів підприємства;

- по-четверте, діяльність в сфері управління якістю та цифровізація не обмежуються однією конкретною функцією в організації та поширюються на всі процеси створення вартості.

УЯ підприємства розглядається не тільки як платформа для реалізації інформаційних технологій та рішень, але й як певне ядро подальших цифрових змін в організації. Цей процес реалізується завдяки інтеграції різногалузевих та профільних платформ підприємства в одну комплексну систему (системи комунікації із клієнтами, системи бухгалтерського обліку, системи управління запасами та інш.) та поетапному переходу на автоматизовані інформаційні платформи управління підприємством із блоком управління якістю. Цифровізація управління якістю допомагає досягати стабільних бізнес результатів та високу якість продукції в коротші терміни, одночасно оптимізуючи витрати та зусилля на таку діяльність [3].

Дисципліни УЯ та управління документацією є внутрішньо пов'язаними процесами. Невпинний поступ вимагає від компаній швидкого оперування внутрішньою документацією, в т.ч. наявну доступність та захист інформації системи управління якістю (СУЯ), зокрема стандартних операційних процедур, робочих інструкцій та політик, а також, як вже зазначалось, задокументованих результатів аудитів та коригувальних і запобіжних дій. Обсяг та потік документів зростає, що робить очевидною необхідність впровадження

оцифрування на організаційному рівні, особливо якщо це організація, яка має систему вертикальної інтеграції, що вимагає безперервного оновлення інформації про показники в суміжних компаніях [3].

Загалом категорія якості продукції інклюзивно оперує до постійного покращення властивостей кінцевого продукту та процесів його створення, що вже апріорно передбачає адекватне реагування на виклики сьогодення щодо впровадження інформаційних технологій та рішень у виробничі процеси підприємства. Автоматизація на підприємстві та запровадження інтегрованого програмного забезпечення для УЯ можуть слугувати певним катализатором збільшення виробничих можливостей та оптимізувати їх у довгостроковій перспективі, оскільки це забезпечує основу для діджиталізації виробничого циклу загалом. Традиційне тлумачення якості набуває істотних зміни останнім часом. В науковий дискурс та бізнес середовище все більше проникає дефініція якості 4.0 (Q 4.0), що може бути охарактеризована як певна цифровізація загального менеджменту якості (TQM) із відповідною імплементацією технологій якості, трансформацією процесів та міжособистісною комунікацією. Це певний прояв застосування технологій у форматі Індустрія 4.0 (I4.0) до якості, що має вираз у потенціалі та здатності вирішувати, як, чому і в якому обсязі слід використовувати інформацію, що безперечно є важливою здібністю для фахівців в сфері УЯ [4].

Програмні комплекси та системи, що використовуються в процесі цифрової трансформації СУЯ, є достатньо різноманітними за походженням, складністю та характером реалізації. Важливим при розбудові електронної системи УЯ підприємства є врахування не тільки поточного стану розвитку виробничої системи, а й стратегічних орієнтирів і цілей, саме тому на етапі планування необхідна плідна колаборація між усіма відділами та зацікавленими сторонами.

Програмне забезпечення є ключовим і життєво важливим інструментом у розробці моделі цифрової трансформації СУЯ, оскільки воно дозволяє оптимізувати різні процеси в різних сферах організації. Варто зазначити важливість адаптаційних властивостей програмного до постійних потреб і нових умов бізнесу та максимізації ефективності, тому необхідно враховувати його еволюцію та вдосконалювати (оновлювати) цей елемент для здійснення операцій з підтримкою ефективного програмного забезпечення, уникаючи обслуговування застарілих систем та технологій [3].

Широке використання інформаційних технологій та рішень в сфері УЯ в довгостроковій перспективі може сприяти загальному підвищенню стандартів сервісу та якості продукції. Такий ефект досягається завдяки інтеграції СУЯ ринкових агентів у визначеному сегменті, імплементації принципів бенчмаркінгу та обміну досвідом із врахування інтересів усіх зацікавлених сторін без втрати ринкових переваг. Це відкриває значні перспективи не тільки в площині бізнес інтересів, а й інтересів суспільства в забезпеченні населення якісними товарами та послугами.

#### Список посилань

1. Попик О.В. Інноваційні технології управління якістю послуг. *Вісник КНТЕУ*. 2021. Вип. 4. С. 68-80.
2. Mattias Elg., and other. Digitalisation and quality management: problems and prospects. *Production Planning & Control*. 2020. DOI: 10.1080/09537287.2020.1780509
3. J. S. Peña Gómez, C. Asdraldo Vargas. Digital Transformation in Quality Management Systems in Technology Companies, Link Wireless Case. *Revista Ingeniería Solidaria*, 2022. Vol. 18 (1), DOI: [10.16925/2357-6014.2022.01.04](https://doi.org/10.16925/2357-6014.2022.01.04)
4. Adriana Ventura Carvalho, Daisy Valle Enrique, Amal Chouchenea Fernando. Quality 4.0: An Overview. *Procedia Computer Science*. 2021. Vol. 181. P. 341-346.

УДК 378:005.6]:004.94

Мощенко І.О., канд.тех.наук, ст.викладач

Нікітенко О.М., канд. техн. наук, доцент

Козлов Ю.В., канд. техн. наук, доцент

Харківський національний університет радіоелектроніки, inna.moshchenko@nure.ua

## ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНСТРУМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Для ефективного управління якістю на підприємстві у відповідності до рекомендацій міжнародного стандарту ДСТУ EN ISO 9001:2018 Системи управління якістю. Вимоги (EN ISO 9001:2015, IDT; ISO 9001:2015, IDT) важливо, щоб керівники та відповідальні особи усіх підрозділів організації володіли методологією управління якістю згідно процесного підходу, найважливішим і найбільш об'єктивним елементом якого є застосування статистичних методів контролю. Тому під час формування професійних компетенцій студентів за напрямом «Управління якістю» спеціальності 175 Інформаційно-вимірвальні технології важливим є вміння ефективно застосовувати статистичні методи обробки інформації за допомогою засобів інформаційно-комунікаційних технологій.

Через наочність, відносну простоту використання та досить високу ефективність, широке розповсюдження у практичній діяльності відділів якості підприємств знайшли так звані «Сім інструментів контролю якості». Для розробки комп'ютерної обчислювальної підтримки реалізації інструментів контролю якості, яка дозволить спростити і зробити більш ефективним їх застосування в умовах освітнього та виробничого процесу, запропоновано використання потужностей системи комп'ютерної математики (СКМ) Maple та видавничої системи LaTeX [1]. Модель реалізації наведено на рис. 1.

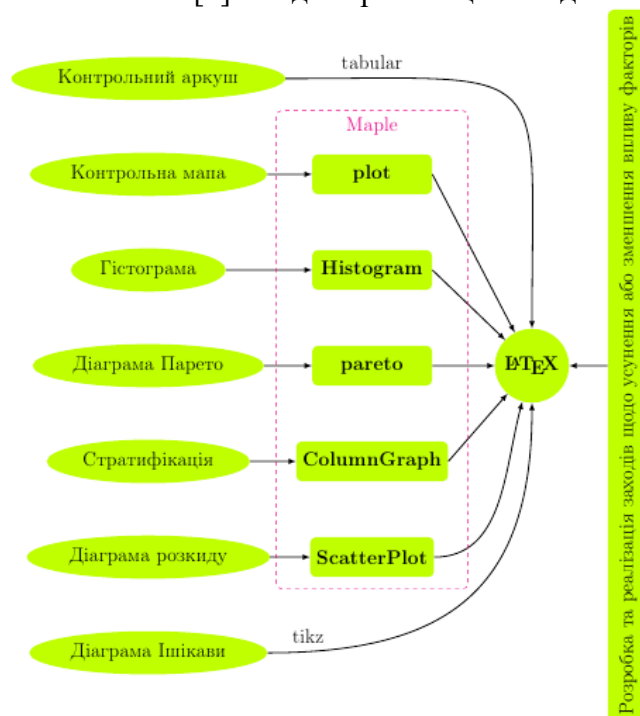


Рис. 1 – Модель реалізації семи інструментів контролю якості засобами СКМ Maple та системи LaTeX

### Список посилань

1. Мощенко І.О. Візуалізація інструментів контролю якості циклу PDCA засобами інформаційно-комунікаційних технологій. / Мощенко І.О., Нікітенко О.М., Козлов Ю.В. // Збірник наукових праць ОДАТРЯ. – № 1(20). – 2022. – с. 6-15.



УДК 621.941-229.3:531.133

**Кравченко В. І.** канд. техн. наук, доцент  
Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, Тернопіль,  
krwkld84@gmail.com

### МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ МЕНЕДЖЕРА ПРАЛЬНІ

Зайнятість працюючих людей в останній час виявила потребу надання населенню послуги у професійному пранні окремих виробів. Надаючи таку послугу менеджер пральні в ручну оформляє документи по роботі з клієнтами та звітність про їх обслуговування. Тому перспективним напрямком підвищення ефективності пральні являється автоматизація бізнес процесу її менеджера.

Метою цього дослідження є розробка інформаційної моделі для підтримки бізнес-діяльності менеджера.

Завданнями роботи є: вивчення і аналіз діяльності менеджера та розробка концепту інформаційної моделі.

В процесі виконання своїх службових обов’язків менеджер пральні:

- реєструє клієнтів;
- оформлює замовлення на пральні послуги;
- друкує квитанції та різноманітні звіти про роботу пральні.

Аналіз діяльності менеджера показує, що в якості вхідних даних виступають персональні відомості про клієнта і вид прання виробу, а на виході необхідно отримати чек для оплати і звіт. Для цього йому знадобляться інтелектуальні бази даних (БД) – «Клієнт», «Види прання виробу», «Математична модель (ММ) для розрахунку розцінок і розхідних матеріалів», «Форми звітів». Представимо діяльність менеджера за допомогою SADT методології рис. 1 та таблицю), розробленої свідомо для того, щоб визначити вимоги до програмного продукту [1].

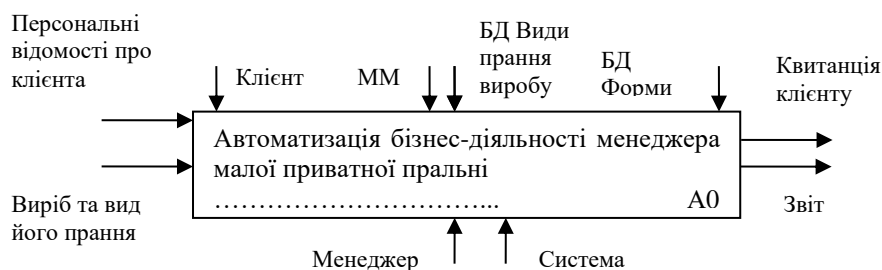


Рис. 1 – Структурно-функціональна модель рівня А0 бізнес процесу менеджера пральні

Таблиця 1– Структура SADT-діаграми нульового рівня

Вхід, стрілка зліва від прямокутника	Вихід, стрілка справа	Керування, стрілки зверху	Виконавець знизу
1. Персональні відомості про клієнта (ІПБ, адреса, оплата і т.п.) 2. Виріб та вид його прання (найменування, вага (кг). як і чим прати)	1. Квитанція клієнту про виконання замовлення (дата, виріб, вид прання, отримано здача). 2. Звіт про роботу пральні	1.БД Клієнт (персональні відомості про всіх клієнтів пральні). 2 БД ММ (математичні моделі, для розрахунків розцінок, і т.п.). 3. БД Види прання (делікатне) 4. БД Форми	1. Менеджер 2. Система

Таким чином моделювання професійної діяльності менеджера та подальша її автоматизація не тільки вдосконалисть і полегшить його роботу, а й дозволить підняти якість обслуговування клієнтів пральні на більш високий рівень.

Список посилань

1. SADT методологія [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://uareferat.com/Методологія\\_SADT\\_і\\_стандарти\\_IDEF](http://uareferat.com/Методологія_SADT_і_стандарти_IDEF)

УДК 658.155

Ємельянова О.М., канд. держ. упр., доцент

Титок В.В., канд. екон. наук, доцент

Київський національний університет будівництва і архітектури, [mkelena1@ukr.net](mailto:mkelena1@ukr.net)

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ

Шляхи підвищення конкурентоспроможності організацій будівельного комплексу в умовах сучасного ринку визначаються підвищенням якості продукції, зниженням цін на будівельно-монтажні роботи та проектні послуги, впровадженням інноваційних технологічних процесів, пошуком нових можливостей у напрямку зниження витратних механізмів, впровадження ресурсо- та енергозберігаючих технологій, скорочення імпоротної складової у структурі собівартості, розширення випуску імпортозамінної продукції.

Сучасні дослідники, крім двох основних типів конкурентних переваг (низьких витрат та диференціації), додають цілу низку нових, у тому числі маркетинговий, управлінський, правовий та ін.. Але при цьому більшість однозначно визначають ціну і якість як основоположні конкурентні переваги. Іншими словами, конкурентоспроможність означає здатність організації вигідно виробляти і реалізовувати продукцію за ціною не вищою і за якістю не гірше, а часом і краще, ніж у інших підприємств. При цьому необхідно розглядати всі фактори, що впливають на підвищення конкурентоспроможності організацій, які виробляють будівельні вироби та конструкції, попередньо згрупувавши їх за функціональною спрямованістю [1].

Як показали дослідження, на конкурентоспроможність підприємства істотно впливають зовнішні чинники: обсяг інвестицій у галузі; велика кількість ризиків; зменшення купівельної спроможності; використання у виробництві імпортних сучасних матеріалів та ін. Тому організації повинні враховувати їхній вплив при розробці плану стратегічного розвитку. Друга група чинників – внутрішні: виробничі, організаційно-технічні. Істотні резерви підвищення конкурентної міцності – оптимізація матеріальних процесів [2].

Якщо розглядати сучасну організацію як сукупність матеріальних, інформаційних та фінансових потоків, то визначальним, на нашу думку, є матеріальний потік, оскільки найбільші витрати в організаціях будівельної галузі пов'язані з ним. Матеріальний потік проходить через значну кількість різних підрозділів, але методи обліку, що є традиційними, здійснюють калькуляцію витрат за окремими функціональними процесами. Це не дозволяє виділяти витрати за окремими виробничими процесами, а лише формує інформацію про витрати, що є найбільш значущими, та про те, як вони взаємодіють один з одним. Сукупні витрати, пов'язані з виробничим процесом, складаються з безлічі витрат, що виникають у різних сферах, і інтегрувати їх у єдину статтю витрат у рамках функціонального обліку дуже складно.

Традиційне поєднання витрат не дозволяє провести ретельний аналіз різних за походженням витрат, врахувати в деталях усі наслідки прийнятих управлінських рішень. На відміну від традиційного підходу до обліку витрат, пропонується запровадження управлінського обліку витрат протягом всього руху матеріальних потоків шляхом повноцінного використання інформаційних потоків, які супроводжують матеріальні, або які йдуть попереду них [3]. У виробництві головною подією, об'єктом аналізу є виробниче замовлення та дії щодо його виконання. Калькуляція витрат з урахуванням оперативної інформації дозволить визначити, яке конкретне замовлення приносить прибуток, чи можна

скоротити видатки на його виконання. Облік виробничих витрат за процесам дасть наочну картину того, як формуються витрати, пов'язані з виробництвом та подальшою реалізацією замовлення, яку частку в них складає кожний з підрозділів. Підсумовуючи всі витрати на горизонталі, можна визначити витрати, пов'язані з окремим продуктом, процесом, замовленням, послугою тощо.

Оптимальне розміщення інформаційних потоків є можливим завдяки формуванню у кожному структурному підрозділі переліку тих документів, які ним розроблені на основі первинної документації, що надійшла з зовні, за які підрозділ несе відповідальність та надає їх користувачам з подальшим відстеженням їхнього руху відповідно до функціональних компетенцій. Істотно підвищити ефективність можна і за рахунок оптимізації виробничих запасів. Зовнішнє інформаційне оточення системи управління матеріальними запасами організації можна розглядати як сукупність наступних потоків:

1) на вході системи – сукупність матеріальних, фінансових та інформаційних потоків, використання яких дозволяє реалізувати головну мету діяльності організації;

2) на виході системи – сукупність показників діяльності системи оперативного управління матеріальними запасами організації, їх числові значення;

3) інформаційний потік у зовнішнє середовище, виражений у регламентуючій документації організації, звітах, публікаціях про його діяльність;

4) інформаційний потік із зовнішнього середовища у внутрішнє середовище, що містить інформацію про чинні законодавчі акти, пов'язані зі здійсненням діяльності підприємств будівельної індустрії в галузі обліку, планування, аналізу та контролю, а також дані про постачальників та замовників.

Варіант формування внутрішньої структури інформаційних потоків шляхом створення двох підрівнів системи управління матеріальними запасами пропонується реалізувати з урахуванням, по-перше, складу та функціонального змісту основних елементів структури, по-друге, необхідності визначення інформаційної складової процесу оперативного управління матеріальними запасами, по-третє, основних взаємозв'язків між підрозділами та можливостями впливу їх один на одного [4].

Беручи до уваги ці фактори, внутрішня структура системи інформаційних потоків оперативного управління представлена як сукупність розрахункових процедур, що включають аналітичну обробку інформації, управлінських процедур, що реалізують прийняття управлінських рішень на основі аналізу неформалізованої та невикористаної в розрахункових процедурах інформації, і комплексних процедур, що включають тісно пов'язані один з одним аналітичну обробку інформації та прийняття на її основі управлінських рішень.

Організація інформаційних потоків дозволяє не тільки показати їх значення у системі оперативного управління матеріальними запасами, а й реалізувати процеси, пов'язані з підвищенням ефективності виробництва, процесів постачання та реалізації.

#### Список посилань

1. Железняк К.Л., Отрок М.В. Напрямки підвищення конкурентоспроможності підприємства [Електронний ресурс] / [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/11\\_2020/73.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/11_2020/73.pdf)

2. Шумейко Я.Г. Шляхи підвищення конкурентоспроможності підприємства в сучасних умовах [Електронний ресурс] / [http://www.confcontact.com/2016-ekonomika-i-menedzhment/2\\_shumejko.htm](http://www.confcontact.com/2016-ekonomika-i-menedzhment/2_shumejko.htm)

3. Жамбей Т., Кошельок Г. Інформаційні потоки в системі управління підприємством [Електронний ресурс] / <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/18952/1/364-366.pdf>

4. Цюцюра М. І. Структура інформаційних потоків в інформаційній системі виробничого підприємства / М. І. Цюцюра, О. В. Криворучко, Т. М. Мединська // Управління розвитком складних систем : зб. наук. праць / Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури ; гол. ред. Лізунов П. П. – Київ : КНУБА, 2019. – № 37. – С. 205 - 209.

УДК 658.336

Смельянова О.М., канд. держ. упр., доцент  
Пилипчук О.Д., канд. техн. наук, доцент

Київський національний університет будівництва і архітектури, [mkelena1@ukr.net](mailto:mkelena1@ukr.net)

## КАДРОВА СТРАТЕГІЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ

Кадрова політика відіграє невід'ємну роль в успішній роботі організації, і навіть у правильному розподілі робочої сили для якісного результату та досягнення цілей організації. Кадрова політика - це комплекс робіт, що впливає з місії та стратегії фірми, з метою формування та ефективного використання мотивованого та високопродуктивного персоналу, здатного адекватно реагувати на вплив зовнішнього та внутрішнього середовища.

Кадрова політика сучасних підприємств під час високої конкурентної боротьби є одним із найважливіших інструментів забезпечення високої ефективності та виживання сучасної організації. Коли рівень технологій дуже високий, то вичерпуються всілякі можливості зміни зовнішніх факторів, і підприємства шукають нових можливостей, які, зазвичай, ховаються всередині. Крім того, акцент керівництва дедалі більше концентрується на людині у всіх її якостях. Завдяки цьому підприємства мають можливість підвищення конкурентоспроможності, тобто ефективності своєї діяльності. І насамперед цю роль несе кадрова політика. [1].

З метою вдосконалення системи управління персоналом в організації необхідно приділяти особливу увагу розробці та вдосконаленню її кадрової стратегії. Кадрова стратегія в організації є складним і важливим компонентом системи управління персоналом. Основними цілями стратегії обрано: задоволення потреб компанії у персоналі, регулювання рівня оплати праці, розвиток лідерства на ключових посадах, розвиток ефективності системи комунікації між управлінським складом та співробітниками, відділами компанії.

Принципи, якими має керуватися організація:

- відбір та розстановка кадрів спрямовані на пошук гнучких та лояльних організації співробітників;
- неупереджена та справедлива винагорода;
- планування перестановок з урахуванням реальних можливостей організації та різних форм службового просування.

Головне завдання, що стоїть як перед керівництвом підприємства, так і перед відділом управління персоналом - це спільна паралельна розробка стратегії всього підприємства і стратегії кадрової роботи.

При виконанні цієї умови відділ кадрів зможе створити план дій, а керівництво краще уявлятиме ті складнощі та проблеми, які можуть перешкодити реалізації стратегії у сфері управління персоналом. У цьому випадку кадрова політика підприємства набуває рис превентивної і значно вплине на посилення розвитку виробництва.

Необхідно впровадження системи моніторингу персоналу на постійній основі, що дасть змогу розробити комплексну програму постійної діагностики та розвитку умінь та навичок працівників, зажадає реалізації їх кадрового потенціалу відповідно до вирішення завдань, що постають перед підприємством. Виходячи з цього робимо висновок, що необхідно надавати можливість підвищення кваліфікації та займатися проблемами професійного зростання працівників.

### Список посилань

1. Шаповал О.А. Кадрова політика та шляхи її покращення [Електронний ресурс] / [https://economyandsociety.in.ua/journals/9\\_ukr/121.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/9_ukr/121.pdf)

УДК 656.073.53

Лебідь Є.М., канд. техн. наук, доцент  
Лужанська Н.О., канд. техн. наук, доцент  
Лебідь І.Г., канд. техн. наук, доцент

Національний транспортний університет, м. Київ, natali.luzhanska@gmail.com

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ЛОГІСТИЧНОГО КОНСАЛТИНГУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗОВНІШНЬОТОРГОВЕЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

Питання ефективності виконання зовнішньоторговельних операцій з початку війни в Україні набуває все більшої актуальності. Неможливість доставки товарів морським та повітряним транспортом вимагають від виробничих та торговельних підприємств пошуків альтернативних шляхів транспортування. Значна кількість суб'єктів ринку транспортних послуг в зв'язку з військовим станом була змушена призупинити підприємницьку діяльність або остаточно ліквідувати підприємства. Релокація бізнесу та експансія українських підприємств на зовнішні ринки також стали досить розповсюдженими явищами за останній рік. Руїнація об'єктів транспортно-логістичної та митної інфраструктури, а також відтік кадрів до служби у Збройних силах України або вимушений переїзд фахівців жіночої статі до інших країн значно вплинув на діяльність галузі.

Виробничі та торговельні підприємства, які експортують товари зіштовхнулися з питанням виконання своїх зобов'язань перед контрагентами через зростання ризиків, пов'язаних з організацією доставки та безпосереднім перевезенням вантажу під час війни в країні. Особливо відчутним це стало для експортерів, які мали налагоджені партнерські зв'язки з посередницькими організаціями, серед яких: експедиторські, транспортні, митно-брокерські підприємства та вантажні митні комплекси. Зазвичай, підприємства, які мають стабільний попит на товари серед іноземних замовників здійснюють зовнішньоторговельні операції за ланцюгами постачання, до структури яких входять посередницькі організації на основі договорів про партнерство. Взаємодія між цими організаціями ґрунтувалася на засадах індивідуального підходу до надання логістичного сервісу замовнику. Тим самим, експортер налагодивши співпрацю з усіма суб'єктами зовнішньоекономічної діяльності міг гарантувати своєчасну доставку товару замовнику з високим рівнем якості та надійності. Проте ті зміни, яких зазнав ринок України за рік війни значно вплинули на формування ланцюгів постачання і можливість відновлення експорту товару до іноземних країн з забезпеченням виконання зобов'язань за зовнішньоекономічними контрактами.

На сьогоднішній день українським експортерам, у разі потреби, досить складно налагодити співпрацю з новими посередницькими організаціями. Причиною цього є відсутність достовірної інформації про їх стан діяльності як суб'єкта господарювання, наявності кадрового, технічного та інфраструктурного забезпечення для виконання обслуговування. Особлива увага виробничими та торговельними підприємствами приділяється якості, надійності та тривалості надання послуг, оскільки, дані аспекти є запорукою доставки товару до замовника в належному стані і без порушень умов співпраці. Наявні сайти підприємств або профільні ресурси не дають достовірної інформації про стан справ організації, а відгуки попередніх замовників мають досить суб'єктивний рівень довіри.

За умови формування такої ситуації на ринку значного попиту почали набувати підприємства, що надають послуги з логістичного консалтингу. У довоєнний час їх спеціалізація була сконцентрована на розробці проектів підприємств транспортно-логістичного комплексу та впровадженні системних рішень у діяльність уже існуючих підприємств. Наразі, значна частка запитів серед замовників надходить на підготовку проектів зовнішньоторговельних операцій. Весь комплекс робіт за даним напрямком передбачає вивчення та аналіз ринків збуту товару, формування ланцюга постачання та

налагодження співпраці з партнерськими організаціями, які відповідають умовам зовнішньоторговельної операції. Залучені суб'єкти ринку транспортних послуг повинні забезпечити ефективне управління матеріальними, фінансовими, інформаційними та сервісними потоками у структурі ланцюга постачання. Окрім цього, логістичним консалтингом виконується детальна перевірка законності провадження господарської діяльності тим чи іншим підприємством, наявності відповідного технічного, технологічного, організаційного та кадрового забезпечення, здатного задовольнити потреби замовника. В цілому, погодження умов співпраці, в тому числі вартості надання послуг та контролю за виконанням умов договору сторонами на всіх етапах зовнішньоторговельної операції покладається на фахівців консалтингового підприємства.

Звісно, експортери можуть самостійно здійснювати функції стосовно формування ланцюга постачання, вибору партнерських організацій та погодження умов співпраці. Проте, дані процеси будуть виконуватися досить тривалий час і матиме імовірність допущення помилок при прийнятті управлінських рішень через недостатність інформації про ситуацію на ринку. В той час як консалтингові підприємства мають можливість моніторингу значної кількості підприємств і вибору найбільш оптимального варіанту серед конкуруючих організацій у відповідності до конкретних умов, які висуваються замовником. Таким чином, виробничі та торговельні підприємства, залучаючи до формування ланцюгів постачання консалтингові підприємства мають можливість отримати ефективні рішення для організації бізнес-процесів з доставки товару у міжнародному сполученні.

В цілому на тривалість зовнішньоторговельної операції найбільш суттєво впливають дві складові, а саме: час на організаційно-управлінські заходи, що виконуються на початковому етапі виконання умов зовнішньоекономічного контракту та час безпосереднього процесу перевезення вантажу. Відповідно, перша складова тривалості передбачає витрати часу на пошуки потенційних партнерів, аналіз їх результатів діяльності, співставлення інформації про процес співпраці та вартість обслуговування серед обраних підприємств і т.д. Друга складова враховує як технологічні аспекти доставки товару за альтернативними маршрутами, так технічний стан рухомого складу, що надається перевізником. Зазвичай процес взаємодії з посередницькими організаціями потребує експертної оцінки діяльності окремого підприємства як серед конкуруючих організацій, так і здатності до інтеграції з замовником послуг у процесі обслуговування.

Масштаби виробничих потужностей замовників та обсягів товарів, що потребують доставки торговельними підприємствами свідчать про потребу у застосуванні різних підходів до співпраці з ними з боку консалтингових підприємств. Оскільки, для формування експертної думки необхідно враховувати внутрішні процеси та наявні ресурси як підприємства-замовника, так і виконавця.

#### Список посилань

1. Пудичева Г. О. Вплив логістики на конкурентоспроможність підприємства / Г. О. Пудичева, С. М. Цуркан, В. С. Малишко // Теоретичні, методологічні та практичні аспекти конкурентоспроможності підприємств: монографія / за заг. ред. проф. О.Г. Янкового. – Одеса: Атлант, 2017. – С. 191-198.
2. Нагорний Є.В. Вибір оптимальної транспортно-технологічної схеми доставки вантажів у міжнародному сполученні / Є.В. Нагорний, О. О. Орда, Д. А. Кондратенко // Автомобільний транспорт, вип. 47. – С. 44-50. Режим доступу: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2020.47.0.44>.
3. Полянська А. С. Оптимізація ланцюга постачання на підприємстві в умовах кризових явищ / Полянська А. С., Мартинець В. Б., Кабан О. В. // Актуальні проблеми розвитку економіки регіону. – 2022. – Вип. 18(2). – С. 112-127.



УДК 005.5:001.82]:629.73-  
043.86(477)(043.3)

Калита П.Я., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник  
Українська асоціація досконалості та якості, [p.kalyta70@gmail.com](mailto:p.kalyta70@gmail.com)

## МЕНЕДЖМЕНТ «ПО УКРАЇНСЬКИ»: ПОМИЛКИ, ВИПРАВЛЕННЯ ЯКИХ СПРИЯТИМЕ РОЗВИТКУ Й УДОСКОНАЛЕННЮ ВІТЧИЗНЯНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Ще у 80-х роках минулого століття академік Віктор Михайлович Глушков, розглядаючи принцип рівності двох технологій: матеріальної (виробничої) та інформаційної (управлінської), віддавав перевагу саме останній. Він пояснював це тим, що управлінські технології, з одного боку, були менш зрозумілі і опрацьовані ніж технології виробничі, а з іншого – саме досконалість управління безпосередньо впливає на якість будь-якого виробництва та його результатів.

З того часу у світі відбулось багато змін, зокрема і у сфері управління. У кінці 20-го століття на планеті розпочалась чергова управлінська революція, викликана прогресуючими процесами глобалізації. Одним із проявів такої революції стало впровадження у сферу управління міжнародної стандартизації та розповсюдження міжнародних стандартів на системи управління (на першому етапі управління якістю) на всіх континентах у небачених до того масштабах.

В умовах прогресуючої конкурентної боротьби, зважаючи на важливість прийняття і реалізації найбільш обґрунтованих і ефективних управлінських рішень, поряд з удосконаленням оперативного управління значну увагу було приділено розвитку і удосконаленню відповідної стратегічної діяльності, спрямованої, зокрема, на розвиток у майбутні періоди. Це привело до того, що на самому початку 21-го століття міжнародним стандартом ISO 9000:2000 вперше було введено окреме поняття «менеджмент» (management), як скоординованої діяльності зі «спрямування» (direct) з боку вишого керівництва (стратегічна діяльність) та звичного всім оперативного «управління» (control). А конкретно в п.3.3.3 записано: **Management** - coordinated activities to **direct** and **control** an organization (3.2.1). Це визначення збереглося і в ISO 9000:2005, і в ISO 9000:2015.

В той же час в Україні, не усвідомивши суттєвих змін, що відбулися у світі, в ДСТУ ISO 9000:2001 (а далі в ДСТУ ISO 9000:2008, ДСТУ ISO 9000:2015) зазначили, що «**Управління; керування (management)** – це скоординовані дії щодо **спрямування** та **контролювання** діяльності організації (3.2.1)». Зворотний переклад на англійську мову має наступний вигляд: «**Control (management)** – це скоординовані дії щодо **direct** та **inspection** діяльності організації (3.2.1)». На нашу думку це не відповідає визначенню терміна management, наведеному в ISO 9000, і взагалі є незрозумілим з позицій сучасного менеджменту. І це при тому, що ДСТУ ISO 9000 (2001, 2008, 2015 pp.), позначено, як «ідентичний» ISO 9000 (2000, 2005, 2015 pp.).

Принциповим тут є те, що зазначена помилка є не просто лінгвістичною; спотворено саму сутність сучасного менеджменту, як його розуміють у світі, проігноровано стратегічну діяльність, яка є «дорогоказом» для подальшого оперативного управління з метою його поліпшення. В свою чергу, неадекватно зорієнтоване українське суспільство ще й досі в частині розуміння менеджменту знаходиться переважно на рівні 20-го століття. І це накладає відбиток на розвиток і досконалість усіх видів діяльності, зокрема тих, що стосуються створення, удосконалення і застосування вітчизняних технологій.

На нашу думку визначення терміна менеджмент, наведеного в ISO 9000, має перекладатися на українську, як: «**Менеджмент** – скоординовані дії зі **спрямування** та **управління/керування** організацією (3.2.1)». Тобто має бути враховано, що термін «менеджмент» є комплексним поняттям, яке поєднує в єдине ціле діяльність щодо «спрямування» та власне «управління».

Іншою принциповою помилкою стало те, що у 2002 р. Держстандарт України розробив, а уряд ухвалив хибну Концепцію державної політики у сфері управління якістю продукції. Згідно цієї концепції викладання систем менеджменту, регламентованих міжнародними стандартами, перш за все стандартами ISO, в українських ЗВО було закріплено за спеціальністю «Якість, стандартизація і сертифікація» і одночасно виключено зі спеціальності «Менеджмент». І хоча у 2019 р. на довготривалу вимогу професійної громадськості концепція була відмінена, підготовка фахівців у вищій школі залишилась без зміни і досі. В результаті за спеціальністю «Менеджмент» випускають фахівців, які незадовільно розбираються у питаннях практичної побудови систем менеджменту, а випускники за спеціальністю «Якість, стандартизація і сертифікація» взагалі не вивчають основи організаційного управління. А відтак, навіть ті організації, що удосконалюються на базі стандартів на системи менеджменту, мають типові недоліки:

- переважно створюють окремі ізольовані цільові системи менеджменту, які не узгоджені між собою, не інтегровані у загальну систему менеджменту організації, не охоплюють усіх її цілей;

- обмежено застосовують сучасні методи і інструменти підготовки управлінських рішень;

- часто впроваджують системи менеджменту формально, без зміни застарілої організаційної (корпоративної) культури;

- не враховують, що в умовах насиченого ринку норми стандарту – це лише мінімальний рівень вимог тощо.

Згадуючи слова академіка Глушкова та зважаючи на те, що від досконалості управління у великій мірі залежить якість виробничих процесів та їх результатів, можна зробити висновок, що виправлення згаданих помилок сприятиме розвитку та удосконаленню вітчизняних технологій у різних сферах діяльності.

#### Список посилань

1. Kalyta, P. (2022). Management in the world and in Ukraine. Management, 1(35): 76–102. <https://doi.org/10.30857/2415-3206.2022.1.7>.

УДК 658:005.5

Шабардіна Ю.В., канд. екон. наук, доцент  
Хоменко О.Б., аспірант

Національний університет «Чернігівська політехніка», [olbor13@gmail.com](mailto:olbor13@gmail.com)

### ЗАКОНОДАВЧЕ РЕГУЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ У СФЕРІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Органами, що здійснюють державне регулювання ІТ сфері є Верховна Рада України, Кабінет Міністрів України, Президент України та спеціально-уповноважений орган – Міністерство цифрової трансформації України, яке з 2019 року формує та реалізує державну політику у відкритих даних, розвитку національних електронних інформаційних ресурсів; сфері надання електронних та адміністративних послуг; сфері електронних довірчих послуг; сфері розвитку ІТ-індустрії тощо.

Основні нормативні документи, що регулюють діяльність у сфері інформаційних технологій є:

- Конституція України від 28.06.1996 р. № 254к/96-ВР;
- Закон України від 04.02.1998 р. №75/98-ВР «Про Концепцію Національної програми інформатизації»;
- Закон України від 02.10.1992 р. № 2657-ХІІ «Про інформацію»;
- Закон України від 01.12.2022 р. №2807-ІХ «Про Національну програму

інформатизації».

- Закон України від 25.06.1993 р. № 3322-ХІІ «Про науково-технічну інформацію»;
- Закон України від 05.07.1994 №80/94-ВР «Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах»;
- Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.05.2002 р. №247-р «Про затвердження Концепції легалізації програмного забезпечення та боротьби з нелегальним його використанням» та ін.

В останні роки відслідковувалась тенденція посилення конкуренції між країнами для збереження існуючого бізнесу та залучення інвестицій в економіку. Ключове місце в сучасній світовій економіці посідають саме технології та інновації. Саме компанії технологічної сфери є найбільш фінансово успішними компаніями. З огляду на це країни-члени Європейського Союзу та інші держави докладають максимальні зусилля для стимулювання цифрової економіки, зокрема створюють привабливі умови для побудови інноваційного бізнесу, залучення інвестицій та релокації фахівців з інших держав. Натомість ситуація в Україні характеризується наступними ознаками:

- 1) відсутність сприятливих умов для виявлення ініціативності та самостійності працівників;
- 2) неможливість запровадження регулювання, яке враховує індивідуальні потреби інноваційних компаній та їхніх працівників;
- 3) неможливість встановлення гнучких умов, тимчасового характеру трудових відносин, підвищеної відповідальності працівника, додаткових підстав розірвання договору тощо;
- 4) надмірна зарегульованість трудових відносин.

Враховуючи вищенаведене, протягом 2021 – 2023 років було прийнято реалізовано ряд законодавчих ініціатив, які внесли суттєві зміни в законодавче регулювання технологічних галузей. Зокрема, Закон України від 15.07.2021 року №1667-ІХ «Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні», згідно з яким в Україні буде створено Дія Сіті – середовище (екосистему), що стимулюватиме розвиток цифрової економіки, розробки в галузі передових технологій з високою доданою вартістю та формування економіки знань. Крім того, передбачене надання пільг інноваційному бізнесу та інвесторам в технології, а також створення більш гнучкого правового регулювання для залучення капіталу, охорони прав інтелектуальної власності, віддаленої та проектної роботи, залучення іноземних талантів, укладення договорів онлайн, а також забезпечення свободи договору та безпеку ведення інноваційного підприємництва.

Найбільшою зміною в галузі оподаткування ІТ бізнесу стало прийняття Закону «Про внесення змін до Податкового кодексу України та інших законів України щодо стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні» № 1946-ІХ» від 14 грудня 2021 року. Цей документ запроваджує низку заходів щодо стимулювання розвитку ІТ індустрії та встановлює спеціальні умови оподаткування резидентів «Дія Сіті».

Закон України від 6.10.2022 року N 2654-ІХ «Про внесення змін до Податкового кодексу України та деяких інших законів України щодо особливостей оподаткування підприємницької діяльності електронних резидентів» встановлює поняття «е-резидент», а також правила щодо оподаткування доходів е-резидентів, порядку проведення перевірок тощо.

Закон України від 17.02.2022 року № 2075-ІХ «Про хмарні послуги», який має на меті створення умов для обробки та захисту даних при використанні технології хмарних обчислень посадовцями. Також ефективніше користуватися державними ресурсами. Використання систем хмарних обчислень, за задумом законодавців, сприятиме зменшенню витрат на побудову та розширення посадовцями власних обчислювальних потужностей.

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що за інтенсивністю свого розвитку сфера інформаційних технологій завжди випереджатиме законотворчий процес. У зв'язку з

цим побудова системи джерел їх правового регулювання має бути спрямована на подолання можливих прогалин, з одного боку, та, з іншого боку, давати учасникам цих відносин змогу самостійно врегулювати свої відносини з дотриманням загальних засад законодавства.

#### Список посилань

1. Конституція України від 28.06.1996 р. № 254к/96-ВР. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>.
2. Закон України від 04.02.1998 р. №75/98-ВР «Про Концепцію Національної програми інформатизації». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/75/98-%D0%B2%D1%80#Text> Закон України від 02.10.1992 р. № 2657-ХІІ «Про інформацію». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12>.
3. Закон України від 01.12.2022 р. №2807-ІХ «Про Національну програму інформатизації». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-20#n191>.
4. Закон України від 25.06.1993 р. № 3322-ХІІ «Про науково-технічну інформацію». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3322-12#Text>.
5. Закон України від 05.07.1994 №80/94-ВР «Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80/94-%D0%B2%D1%80#Text>.
6. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.05.2002 р. №247-р «Про затвердження Концепції легалізації програмного забезпечення та боротьби з нелегальним його використанням». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/247-2002-%D1%80#Text>.
7. Закон України від 15.07.2021 року №1667-ІХ «Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1667-20#Text>.
8. Закон України від 17.02.2022 року № 2075-ІХ «Про хмарні послуги». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2075-20#Text>.

УДК 331.91

Фігорнюк О.В., студентка

Мельник В.Б., канд. техн. наук, доцент

Національний авіаційний університет, м. Київ, [melnikvb408@gmail.com](mailto:melnikvb408@gmail.com)

## МОДУЛІ ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

*Модуль оцінки відповідності* – уніфікована процедура оцінки відповідності чи її частина, визначена згідно з відповідним актом законодавства Європейського Союзу.

Модулі оцінки відповідності та способи, з яких складаються процедури оцінки відповідності вимогам технічних регламентів викладено в Постанові КМУ № 95 «Про затвердження модулів оцінки відповідності, які використовуються для розроблення процедур оцінки відповідності, та правил використання модулів оцінки відповідності» від 13 січня 2016 року.

Існує вісім модулів (названі літерами від А до Н). Вони встановлюють обов'язки виробника (та його уповноваженого представника) та ступінь залучення власної акредитованої лабораторії або призначеного органу з оцінки відповідності. Процедури оцінки відповідності охоплюють як стадію проектування, так і стадію виробництва. Вони складаються з одного або двох модулів. Деякі модулі охоплюють обидві стадії. В інших випадках для кожної стадії використовуються окремі модулі.

Розрізняють наступні модулі оцінки відповідності, які використовуються для розроблення процедур оцінки відповідності технічних процесів та систем:

*Модуль А* (внутрішній контроль виробництва).

*Модуль А1* (внутрішній контроль виробництва з проведенням випробувань продукції під наглядом).

*Модуль A2* (внутрішній контроль виробництва з проведенням перевірок продукції під наглядом через певні інтервали часу).

*Модуль B* (експертиза типу).

*Модуль C* (відповідність типові на основі внутрішнього контролю виробництва).

*Модуль C1* (відповідність типові на основі внутрішнього контролю виробництва з проведенням випробувань продукції під наглядом).

*Модуль C2* (відповідність типові на основі внутрішнього контролю виробництва з проведенням перевірок продукції під наглядом через певні інтервали часу).

*Модуль D* (відповідність типові на основі забезпечення якості виробничого процесу).

*Модуль D1* (забезпечення якості виробничого процесу).

*Модуль E* (відповідність типові на основі забезпечення якості продукції).

*Модуль E1* (забезпечення якості контролю та проведення випробувань готової продукції).

*Модуль F* (відповідність типові на основі перевірки продукції).

*Модуль F1* (відповідність на основі перевірки продукції).

*Модуль G* (відповідність на основі перевірки одиниці продукції).

*Модуль H* (відповідність на основі цілковитого забезпечення якості).

*Модуль H1* (відповідність на основі цілковитого забезпечення якості з експертизою проекту).

Деякі модулі та їх варіанти засновуються на методах забезпечення якості та є похідними від стандартів EN ISO 9000 і EN ISO 9001. Модулі, засновані на методах забезпечення якості (модулі D, E, H та їх варіанти), описують елементи, які виробник повинен впровадити у своїй організації для демонстрації того, що продукція відповідає суттєвим вимогам застосовного законодавства.

Модулі обираються згідно з такими критеріями:

- придатність відповідного модуля для виду продукції;
- характер ризиків, властивих продукції, та міра, якою оцінка відповідності відповідає виду та ступеню ризику;
- необхідність забезпечення надання виробнику можливості вибору між модулями, які передбачають забезпечення якості, та модулями, які передбачають сертифікацію продукції (у разі коли залучення третьої сторони є обов'язковим);
- необхідність уникнення використання модулів, занадто обтяжливих стосовно ризиків, відображених у відповідному технічному регламенті.

Для виконання завдань з оцінки відповідності вимогам технічних регламентів повинні або можуть бути залучені такі органи з оцінки відповідності:

- призначені органи;
- визнані незалежні організації – для виконання визначених завдань з оцінки відповідності технології виконання нерознімних з'єднань, персоналу, який виконує нерознімні з'єднання, та/або персоналу, який проводить неруйнівний контроль, згідно з технічним регламентом щодо обладнання, що працює під тиском;
- акредитовані випробувальні лабораторії виробників – для виконання визначених завдань з випробувань (контролю) продукції, які визначені у деяких процедурах оцінки відповідності, якщо такими процедурами для виробника передбачений вибір щодо звернення до власної акредитованої випробувальної лабораторії або до призначеного органу.

Технічний регламент вимагає обов'язкового підтвердження відповідності у формі оформлення декларації відповідності.

*Декларація відповідності* являє собою документ встановленої форми, який містить посвідчення відповідності продукції, що виготовляється або імпортованої продукції вимогам технічних регламентів і пов'язаних з ними стандартів.

Таким чином, модулі оцінки відповідності дають законодавцеві можливість встановити відповідні процедури, щоб виробники могли продемонструвати відповідність продукту вимогам технічних регламентів щодо типу продукції та відповідних ризиків.

#### Список посилань

1. Міжнародне технічне регулювання: навч. посібник / О.М.Сафонова [та ін.]. – Х.: ХДУХТ, 2013. – 372 с.
2. Маніє Ф. Технічні правила і стандарти в ЄС: Навч. посіб. / Маніє Ф., Чувпило О. – К.: ІМВ КНУ імені Тараса Шевченка, 2004. – 135 с.
3. Directive 98/34/EC of the European Parliament and of the Council of 22 June 1998 laying down a procedure for the provision of information in the field of technical standards and regulations. Amended by Directive 98/48/EC [OJ L 204 of 21/07/98], [OJ L 217 of 05/08/98]. Директива наявна на web-порталі законодавства ЄС – Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/>.

УДК 657

**Бондаренко Н. М.** канд. екон. наук, доцент  
**Пурсакова І. Д.**, студент

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м.Дніпро,  
[dmitrijpursakov@gmail.com](mailto:dmitrijpursakov@gmail.com)

### КОНТРОЛЬ ТА ОБЛІК ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

В основі діяльності будь-якого підприємства лежить мета отримання прибутку, яка залежить від ефективного управління та правильного ведення бухгалтерського обліку. Оптимальне використання основних засобів відіграє вирішальну роль у визначенні загальної ефективності виробничого процесу і, як наслідок, прибутковості. Оскільки вартість основних засобів часто становить значну частину загальних активів компанії, їх довгострокове використання безпосередньо впливає на фінансові результати підприємства.

Основні засоби мають особливість багаторазово брати участь у виробничому процесі, зберігаючи при цьому свою фізичну цілісність протягом тривалого часу [1]. У результаті використання та впливу факторів зовнішнього середовища вони поступово зношуються і переносять свою первісну вартість на витрати виробництва протягом очікуваного строку корисного використання. Для забезпечення правильного формування та ефективного використання основних засобів у виробничому процесі керівництву підприємства необхідна повна, об'єктивна, своєчасна та достатньо деталізована економічна та облікова інформація. Це досягається за допомогою добре структурованої практики обліку основних засобів, яка відповідає встановленим нормам [4].

Враховуючи, що фінансова звітність є основним джерелом інформації для підприємств, розмежування бухгалтерського обліку набуває вирішального значення. Таке розмежування дозволяє оцінити частину основних засобів, втрачених на окупованих територіях, що сприяє прийняттю раціональних та ефективних управлінських рішень. В умовах правового режиму воєнного стану можливість примусового відчуження майна та передачі об'єктів комунальної власності у державну власність є предметом розгляду, зважаючи на його актуальність на даний час [6].

Українське законодавство чітко визначає підстави для вилучення майна, при цьому держава отримує повноваження вилучати майно у підприємств за рішенням військового командування в рамках мобілізаційної підготовки, яке може бути узгоджене з місцевими органами влади. Слід зазначити, що українське законодавство не визначає конкретні види майна, що підлягають експропріації. Як рухоме, так і нерухоме майно може підлягати експропріації або вилученню відповідно до Закону України "Про передачу, примусове



відчуження або вилучення майна в умовах правового режиму воєнного чи надзвичайного стану" [1].

Саме примусове відчуження майна завбачує позбавлення власника права на майно, яке перебуває у комунальній /приватній власності, котре потім переходить у власність держави в умовах воєнного стану для використання. Така передача здійснюється з умовою попередньої або наступної повної компенсації вартості майна. З іншого боку, вилучення майна тягне за собою позбавлення державних підприємств або державних господарських об'єднань прав на державне майно. Для примусового відчуження чи документального оформлення або арешту майна складається офіційний акт, форма якого утверджена постановою Кабінету Міністрів України. Цей акт включає оцінку вартості майна на дату прийняття рішення про його примусове відчуження. Перехід права власності до держави відбувається після підписання акта.

Важливо зазначити, що при складанні акта бухгалтерам слід уникати прописування балансової вартості майна, оскільки це може призвести до відмови у виплаті компенсації за відчужене майно. Слід наполягати на проведенні обов'язкової оцінки майна, як того вимагає закон. Якщо підприємство має намір отримати повну компенсацію за відчужене майно протягом п'яти наступних бюджетних періодів після скасування воєнного стану в Україні [2], операція буде відображена в бухгалтерському обліку як дохід від реалізації майна. Однак, якщо підприємство добровільно вирішить не отримувати компенсацію, то вартість відчуженого майна списується на витрати за субрахунком 949 "Інші витрати операційної діяльності". Якщо ж відчужене майно залишається у власника, він має право вимагати компенсації за рішенням суду [3].

Таким чином, у разі експропріації або захоплення майна, навіть під час повномасштабної війни, керівництву компанії вкрай важливо дотримуватися правових норм, щоб забезпечити повну компенсацію за експропрійоване майно від держави. Так само важливо мати належні правові підстави для списання майна у разі його арешту. Дослідження свідчить про необхідність удосконалення обліку, оцінки та контролю основних засобів в умовах збройної агресії як на законодавчому та нормативно-правовому рівнях, так і на організаційному та методологічному рівнях. Проведення інвентаризації необхідне для списання основних засобів, що залишилися на тимчасово окупованих територіях. Крім того, більш детальне вивчення питання обліку активів в умовах окупації, зокрема виділення їх на окремі рахунки бухгалтерського обліку або позабалансові рахунки, має вирішальне значення для запобігання викривленню фінансової звітності та надання користувачам об'єктивної інформації про фінансовий стан підприємства.

#### Список посилань

1. Закон України «Про передачу, примусове відчуження чи вилучення майна в умовах правового режиму воєнного чи надзвичайного стану» № 2561-IX від 06.09.2022. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4765-17#Text>
2. Національне положення (стандарт) бухгалтерського обліку 7 «Основні засоби» № 288 від 18.05.2000. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0288-00#top>
3. Озерова О. Майно юрособи забрали на потреби оборони: що з обліком та податками, 2022 [Електронний ресурс] . – Режим доступу: <https://egolovbuh.mcfra.ua/960396>
4. Положення про документальне забезпечення записів у бухгалтерському обліку №88 від 24.05.1995. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0168-95#n10>
5. Постанова Кабінету Міністрів України про «Деякі питання здійснення повної компенсації за майно, примусово відчужене в умовах правового режиму воєнного чи надзвичайного стану» від 31 жовтня 2012 р. № 998. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998-2012-%D0%BF#Text>
6. LIGA ZAKON: «Що роботи з активами, які залишені в окупації?», 2022 [Електронний ресурс] . – Режим доступу: [https://biz.ligazakon.net/analytics/213503\\_shcho-bznesu-robiti-z-aktivami-yak-zalishen-v-okupats](https://biz.ligazakon.net/analytics/213503_shcho-bznesu-robiti-z-aktivami-yak-zalishen-v-okupats)

УДК 657.6

**Грищенко О.В. канд. екон. наук, доцент**

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв,  
grishenko\_elena@ukr.net

### **АКТУАЛІЗАЦІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВНУТРІШНЬОГО АУДИТУ**

Забезпечення прозорості діяльності вітчизняного бізнесу важливий чинник успішної післявоєнної відбудови України та інтегрування до Європейського співтовариства. В умовах геополітичної та фінансово-економічної нестабільності внутрішній аудит може сприяти прозорості ведення вітчизняного бізнесу та збільшенню довіри іноземних інвесторів в майбутньому. Звісно, проблема якості аудиту, як ніколи є актуальною для підвищення надійності результатів роботи внутрішнього аудитора. Саме тому оцінка якості функціонування внутрішнього аудиту, відповідно до вимог Міжнародних стандартів професійної практики внутрішнього аудиту, є обов'язковою.

Серед об'єктивних причин, що наразі не дають можливості внутрішньому аудиту посісти гідне місце як в організаційній структурі вітчизняних суб'єктів господарювання, так і на ринку послуг держави можна виокремити наступні: відсутність належної сертифікації професії, чітких кваліфікаційних та професійних вимог до фаху; порушення принципів організаційної незалежності внутрішнього аудиту в межах окремого суб'єкта господарювання. Звісно все це знижує якість та ефективність внутрішнього аудиту, спричиняючи недовіру до робочої документації внутрішнього аудитора при виконанні завдань в межах обов'язкового аудиту. Водночас питання оцінки ефективності внутрішнього аудиту стають визначальними з позиції дієвості суб'єкта господарювання загалом. Наразі серед основних напрямків підвищення ефективності внутрішнього аудиту виділяють наступні:

- вдосконалення вітчизняного нормативно-правового забезпечення внутрішнього аудиту та формування загальнодержавної системи сертифікації внутрішніх аудиторів та неухильне дотримання ними стандартів, кодексу етики і принципів внутрішнього аудиту;
- розширення методичного інструментарію та процедур внутрішнього аудиту з одночасною розробкою механізму професійної підготовки та систематичного підвищення кваліфікації внутрішнього аудитора в державі;
- забезпечення функціональної та організаційної незалежності служби внутрішнього аудиту, розробка та дотримання алгоритму підвищення якості внутрішнього аудиту в межах окремого суб'єкта господарювання;
- діджиталізація процесів замінить значну частину ручної роботи зі збору даних, водночас аудиторам необхідно забезпечити належне управління та нагляд за цифровізацією даних (які саме дані збирають, наскільки вони надійні та як вони використовуються).

У відповідності до Міжнародних стандартів професійної практики внутрішнього аудиту [2], а саме стандарту 1300 «Програма забезпечення та підвищення якості», керівник служби внутрішнього аудиту має розробити та рекомендувати до затвердження керівництвом Програму забезпечення та підвищення якості, щоб відповідно до неї атестувати внутрішніх аудиторів. До Програми рекомендовано включати: нагляд, внутрішні перевірки якості та зовнішні оцінки щоб вона змогла охопити всі аспекти діяльності суб'єкта господарювання. Метою цієї програми є забезпечення достатньої впевненості в тому, що внутрішні перевірки здійснюють відповідно до стандартів професійної етики проведення внутрішнього аудиту та положення про службу внутрішнього аудиту.

Дотримання встановлених правил і процедур чинних стандартів передбачає, що внутрішній аудитор виконуватиме свої обов'язки з високим ступенем результативності та ефективності. Гарантія якості є надзвичайно важливою як при досягненні цілей та задач перевірки, так і для збереження довірливих відносин зі стейкхолдерами внутрішнього аудитора. Поняття нагляду являє собою поточний контроль за діяльністю внутрішнього аудитора на кожній стадії перевірки.

Внутрішня перевірка – це періодична самооцінка роботи внутрішнього аудитора, яку здійснює управлінський персонал суб'єкта господарювання шляхом періодичного аналізу проведеної роботи внутрішнього аудитора, що включає в себе нагляд за роботою внутрішнього аудитора з метою формування висновків і рекомендацій з поліпшення роботи. Періодичний аналіз проводять з метою визначення відповідності діяльності внутрішнього аудитора стандартам, кодексу професійної етики, Положенню про аудиторську службу, дослідження загальної дієвості і ефективності внутрішнього аудиту в процесі задоволення запитів і потреб груп користувачів.

Зовнішнє оцінювання проводиться для визначення якості роботи внутрішнього аудитора щонайменш один раз на п'ять років незалежним кваліфікованим експертом або групою експертів, що не мають ні дійсного ні наявного конфлікту інтересів. Зазвичай, таким експертом може виступати незалежний сертифікований аудитор.

Для оцінювання стану та ефективності роботи внутрішнього аудитора бажано розробити анкету з питаннями за наступними розділами: незалежність, об'єктивність; професіоналізм та компетентність; організація роботи внутрішнього аудитора; оцінка роботи внутрішнього аудитора. Відповіді на питання анкети створять правильне уявлення про діяльність внутрішнього аудитора окремого суб'єкта господарювання.

Важливо доводити результати внутрішньої та зовнішньої оцінки до власників та керівництва підприємства. Високі результати підтримують статус внутрішнього аудитора. Натомість виявлені недоліки в якості робіт мають бути негайно усунені, оскільки лише за належної якості може забезпечуватись ефективність функціонування внутрішнього аудиту. Система контролю якості функціонування внутрішнього аудиту, на думку Юлії Слободяник, має бути заснована на стандартних процедурах і передбачати:

- дотримання внутрішніми аудиторами професійних стандартів – незалежності, чесності, об'єктивності, конфіденційності і компетентності;
- відповідність процедур і методик внутрішнього аудиту і підготовленої за його результатами робочої документації, вимогам стандартів;
- доведення до відома керівника аудиторського завдання внутрішнього аудиту основних результатів, що можуть впливати на зміст аудиторського звіту;
- вжиття необхідних мотиваційних заходів щодо внутрішніх аудиторів у випадках невиконання або неналежного виконання ними покладених на них обов'язків[2].

За результатами проведеного контролю якості керівництво суб'єкта господарювання отримує важливу інформацію щодо необхідності додаткового навчання чи підвищення кваліфікації внутрішніх аудиторів за певними напрямками. Окрім цього, у процесі виконання аудиторських завдань виявляються ступінь стресостійкості, навички роботи у команді, здатність налагоджувати комунікацію зі співробітниками інших структурних одиниць суб'єкта господарювання, уміння оформлювати робочі документи, формулювати підсумкові документи тощо. Водночас, під час планування наступних аудиторських завдань, беруть до уваги результати оцінки якості попередніх. Тому оцінку якості виконаного завдання доцільно проводити після кожного окремо виконаного завдання.

Таким чином, дотримання високої якості діяльності внутрішнього аудитора сприятиме підвищенню ефективності її функціонування. Критерії оцінки можуть змінюватися залежно від завдань власників чи керівництва, але доцільно визначити критерії ефективності функціонування внутрішнього аудиту щоб забезпечити максимальну прозорість бізнесу і залучення інвестицій для відновлення вітчизняної економіки в майбутній відбудові країни.

#### Список посилань

1. Міжнародні стандарти професійної практики внутрішнього аудиту (стандарти) / редакція 2017 року / Інститут внутрішніх аудиторів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iaa.org.ua/wp-content/uploads/2013/08/IPPE-Standards-2017-Ukrainian.pdf>
2. Слободяник Ю.Б. Внутрішній аудит: навч. посіб. / Слободяник Ю.Б., Зварич Л.В. – Одеса: ТОВ «ВПІ «Фабрика друку», 2018. – 248 с.

УДК 621.941-229.3:531.133

Кичма Р.Я., аспірант  
Шабардіна Ю.В., канд. екон. наук, доцент  
Киселиця С.В., канд. філос. наук, доцент  
Національний університет «Чернігівська політехніка», roman.kychma@gmail.com

## **"ГЕМБА" ЯК ІНСТРУМЕНТ БЕРЕЖЛИВОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ВІТЧИЗНЯНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Ведення бізнесу в сьогоденних умовах повномасштабної війни в Україні, що супроводжується падінням реального ВВП, утрудненням інвестиційного розвитку усіх без виключення галузей економіки, зниження платоспроможності споживачів тощо, вимагає ефективних управлінських рішень від менеджменту українських підприємств. Все частіше в розрізі планування діяльності підприємств оперується поняттями «ощадливість», «зменшення витрат», «непродуктивні втрати». Такі сучасні виклики та потреби як ніколи актуально перегукуються із концепцією оощадливого виробництва, адже, як стверджували Дж.П. Вумек та Д.Т. Джонс у своїй роботі «Бережливе виробництво. Як позбутися витрат і домогтися процвітання Вашій компанії» оощадливе виробництво – це проривний підхід до менеджменту та управління якістю, що забезпечує довготривалу конкурентоспроможність без істотних капіталовкладень [1].

Оощадливе виробництво, що покликане знизити собівартість товару (послуги) за рахунок скорочення витрат при збереженні цінності та якості товару (послуги) відповідно до вимог споживача, передбачає сукупність методик та різноманітних засобів для досягнення цілей оощадливого виробництва. Одним із інструментів Lean Production концепції є відвідування місця, де безпосередньо створюється цінність, тобто виробляється продукт або створюється послуга. Таке місце в оощадливому виробництві прийнято називати японським терміном «Гемба».

На думку М. Імаї, керівник повинен регулярно відвідувати Гемба – тільки там він знаходиться в «центрі світобудови» компанії. Він повинен проводити на Гемба набагато більше часу, ніж за власним робочим столом. Вся інформація, яка надходить до керівника про стан справ на Гемба у вигляді звітів по електронній пошті, це сфабриковані дані, адже їх збирають для керівника його підлеглі. Якщо керівник не знає, який поточний стан справ на Гемба, та що там зараз відбувається, то він не може ефективно керувати компанією [2].

Відвідування Гемба керівництвом має також позитивний психологічний ефект. Зокрема, присутність керівництва в місці події говорить про важливість, небайдужість та повагу до працівників. Збільшення стресових ситуацій у суспільстві через військові дії чи втрату впевненості в завтрашньому дні також позначається на настроях в робочих колективах. Бажання менеджменту віднайти корінь проблеми, яка виникла на підприємстві, «розділити» цю проблему з працівниками, не просто покращує соціально-психологічний клімат в компанії, а й сприяє налагодженню внутрішніх комунікаційних зв'язків.

Слід зазначити, що відвідування Гемба працює як у відношенні до керівників найвищого рівня, так і до менеджменту структурних підрозділів та відділів. Практикується також відвідування працівниками суміжних ділянок для глибшого розуміння процесів та спільного аналізу повторювальних проблем.

Хоч відвідування Гемба не є універсальним способом вирішення усіх проблем на підприємстві, така методика є допоміжною і при імплементації принципу безперервного процесу вдосконалення. У Гембі якнайкраще проявляється соціальна компетенція керівника та його здатність реалізувати позитивні зміни на підприємстві «зверху вниз», заохотивши персонал до дій, що ляжуть в основі оощадливого виробництва компанії.

### Список посилань

1. Вумек Дж.П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Дж.П. Вумек, Д.Т. Джонс. – М. : Альпина Паблишер, 2011. – 401 с.
2. Масааки Имаи. Кайдзен: ключ к успеху японских компаний – М.: Альпина Бизнес Букс, Приоритет, 2004. – 271 с.

УДК 629.73

**Радько О.В., канд. техн. наук, доцент**

Національний університет оборони України ім. Івана Черняховського, м. Київ,  
[radlviv@ukr.net](mailto:radlviv@ukr.net)

**Радько М.О., студент**

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, [radwebmax@gmail.com](mailto:radwebmax@gmail.com)

## СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТЕРМІНОЛОГІЇ У ГАЛУЗІ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ (КОМПЛЕКСІВ)

Активне застосування безпілотних авіаційних систем (БпАС) та комплексів (БпАК) відбувається останнім часом як у мирних цілях, так і для потреб збройних сил, про що переконливо свідчить досвід відбиття широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти нашої держави.

Зважаючи на потреби та реалії сьогодення, а саме – велике різноманіття та постійно зростаючу кількість існуючих типів та класів БпАС (БпАК), розширення спектру задач, які здатні вирішувати ці системи (комплекси), певні структурні та системні зміни в організації та підходах до управління, забезпечення, підготовки БпАС (БпАК), – актуальним є питання стандартизації термінології у цій галузі.

З метою упорядкування основних термінів та визначення понять щодо БпАС (БпАК) проведено аналіз відповідних вітчизняних [1-6] та закордонних [7-10] джерел. За результатами проведеного дослідження встановлено, що наразі у національному стандарті ДСТУ В 7371:2020 “Техніка авіаційна державної авіації. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни та визначення понять. Класифікація” [6] вітчизняні термінологію та класифікацію в галузі БпАС (БпАК) максимально гармонізовано з прийнятими міжнародною організацією цивільної авіації (ІСАО) та НАТО. У решті вітчизняних нормативно-правових документів [1-5] використовуються терміни та визначення, що мають відмінність від тих, що наведені у ДСТУ В 7371:2020. Зважаючи на наведене вище, пропонується стандартизувати терміни та визначення у галузі БпАС (БпАК) відповідно до [6], наприклад:

**безпілотний авіаційний [комплекс] [система]; БпАК; БпАС** (*unmanned aircraft system; UAS*) – безпілотне(-і) повітряне(-і) судно(-а), станція(-ії) керування та контролю, лінія(-ії) керування та контролю та інші пов’язані з ними наземні (корабельні, повітряні) елементи;

**безпілотне повітряне судно** (*unmanned aircraft; UA*) – повітряне судно, призначене виконувати політ без льотчика на борту;

**безпілотний літальний апарат; БпЛА** (*unmanned aircraft; UA*) – літальний апарат без льотчика на борту з дистанційною системою керування певного рівня автоматизації чи такий, що виконує автоматичний політ за заданою заздалегідь програмою;

**станція керування та контролю; пункт дистанційного пілотування** (*UAS control station*) – робоче місце, обладнане пультом керування та контролю, а також наземне (корабельне, повітряне) устаткування для його технічного експлуатування та обслуговування;

**пульт керування та контролю** (*control box*) – пристрій, яким оператор засобів керування безпосередньо керує БпЛА та його цільовим споряддям, а також отримує інформацію щодо польоту БпЛА, роботи його систем, цільового споряддя і станції керування та контролю;

**цільове споряддя** (*payload*) – компоненти й устаткування, установлені на борту

повітряного судна для виконання поставлених завдань;

**оператор засобів керування (БпЛА); зовнішній пілот (*UAS operator; external pilot*)** – член зовнішнього екіпажу на станції керування та контролю, який безпосередньо працює з органами керування БпЛА під час його польоту;

**зовнішній екіпаж (*UAS crew*)** – оператори засобів керування БпЛА та фахівці, які експлуатують устаткування, механізми та прилади станції керування та контролю, лінії пересилання даних, лінії керування та контролю;

**льотне експлуатування; льотна експлуатація (*flight operation*)** – застосування повітряного судна за призначенням та керування ним і його цільовим споряддям на всіх етапах польоту;

**технічне експлуатування; технічна експлуатація (*technical operation*)** – комплекс робіт, які виконують на повітряному судні під час готування його до належного рівня готовності до застосування, підтримання цього рівня, льотного експлуатування, зберігання й транспортування;

**корисне навантаження (*payload*)** – маса цільового споряддя, яке встановлюють на БпЛА.

Приклади класифікації БпЛА:

за максимальною злітною масою: а) класу I: 1) мікро – до 2 кг; 2) міні – від 2 кг до 15 кг включно; 3) малі – понад 15 кг до 150 кг; б) класу II – від 150 кг до 600 кг включно; в) класу III – понад 600 кг;

за максимальною швидкістю польоту: а) замалошвидкісні – до 100 км/год; б) малошвидкісні – від 100 км/год до 300 км/год включно; в) середньошвидкісні – понад 300 км/год до 600 км/год включно; г) високошвидкісні – понад 600 км/год до швидкості звуку; д) надзвукові – максимальна швидкість польоту перевищує швидкість звуку до 5 разів; е) гіперзвукові – максимальна швидкість польоту перевищує швидкість звуку в п'ятеро та більше;

за максимальною тривалістю польоту: а) надкороткої – до 1 год; б) короткої – від 1 год до 3 год включно; в) малої – понад 3 год до 6 год включно; г) середньої – понад 6 год до 12 год включно; д) великої – від 12 год до 24 год включно; е) надвеликої – понад 24 год.

Стандартизація понять у сфері розробки, виробництва та експлуатації БпАС (БпАК), насамперед, дозволить забезпечити розробників, виробників, експлуатантів та користувачів нормативних, технічних та інших документів у цій галузі однозначною термінологією та класифікацією.

### Список посилань

1. Повітряний кодекс України.
2. Правила виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України, затверджені наказом Міністерства оборони України від 08.12.2016 № 661.
3. Правила технічної експлуатації безпілотних авіаційних комплексів I класу державної авіації України, затверджені наказом Міністерства оборони України від 10.08.2018 № 401.
4. Правила виконання польотів державної авіації України, затверджені наказом Міністра оборони України від 05.01.2015 № 2.
5. Правила польотів державної авіації в повітряному просторі України, затверджені наказом Міністра оборони України від 09.12.2015 № 700.
6. ДСТУ В 7371:2020 Техніка авіаційна державної авіації. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни та визначення понять. Класифікація. Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2021. 12 с. [Чинний від 2020-05-06].
7. ICAO Unmanned Aircraft Systems (UAS) Order Number: CIR328, 2011.
8. AEP-4671 Unmanned Aircraft systems. Airworthiness requirements. Edition B, 2 April 2019.
9. FMI 3-04.155, Army Unmanned Aircraft System Operations, Department of the Army, Washington 2008.
10. Military Unmanned Systems. – Annual Handbook. – ISSUE 29. – May 2021. – Shephard. – 392 p.



УДК 331.4:355.01

Шостак О.С., студент  
Денисова Н.М., канд.техн.наук, доцент  
Національний університет «Чернігівська політехніка», [stud.shostak@gmail.com](mailto:stud.shostak@gmail.com)

## ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Згідно з Конституцією, права та свободи людини і громадянина не можуть бути обмежені, за винятком випадків воєнного або надзвичайного стану, де можуть встановлюватися обмеження з чітко визначеним строком дії. Проте, існують деякі права та свободи, які не можуть бути обмежені, згідно зі статтями 24, 25, 27, 28, 29, 40, 47, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 Основного закону (стаття 64 Конституції України). [2]

У зв'язку з воєнною агресією Російської Федерації проти України та введенням воєнного стану, Президентом України від 24.02.2022 № 64 було внесено важливі та необхідні зміни до трудового законодавства, нормативних актів з охорони праці та інших законів або підзаконних актів. Наразі воєнний стан продовжено до 18.08.2023. [7]

Деякі зміни в системі управління охороною праці:

- відповідно до рішення уряду, яке було затверджено постановою КМУ від 13.03.2022 № 303, проведення планових та позапланових заходів державного нагляду та державного ринкового нагляду на період воєнного стану було зупинено. Однак, дозволено проведення позапланових заходів державного нагляду на підставі рішень центральних органів виконавчої влади, які формують державну політику у відповідних сферах, якщо існує загроза, яка може негативно вплинути на права, законні інтереси, життя та здоров'я людини, на природне середовище або на безпеку держави, а також для виконання міжнародних зобов'язань України; [3]

- постановою Кабінету Міністрів України від 20.01.2023 № 59 внесено зміни до Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві, спрямовані на спрощення, врегулювання та удосконалення процедури розслідування нещасних випадків на період дії в Україні режиму воєнного стану. Зміни включають в себе нові правила для роботи комісії з розслідування нещасних випадків, такі як необхідність присутності голови комісії на засіданні та можливість дистанційного засідання, а також спрощену процедуру розслідування нещасних випадків, що сталися в період дії правового режиму воєнного (надзвичайного) стану; [6]

- постановами Кабінету Міністрів України від 19.04.2022 № 473 та № 474 було встановлено порядок виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд, а також робіт з демонтажу об'єктів, пошкоджених або зруйнованих внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів. Згідно з цим порядком, виконавчі органи місцевих рад, військові адміністрації, центральні органи виконавчої влади та органи управління та сили цивільного захисту (уповноважений орган) повинні здійснювати оперативне реагування на пошкодження будівель та споруд під час бойових дій; [4, 5]

- закон України "Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану" визначає особливості регулювання трудових відносин під час воєнного стану. Згідно з цим законом, на час дії воєнного стану вводяться обмеження конституційних прав і свобод людини та громадянина. Наприклад працівник може розірвати трудовий договір за власною ініціативою без двотижневого строку попередження, якщо його життя та здоров'ю загрожує небезпека через бойові дії. Роботодавець може звільнити працівника з власної ініціативи під час тимчасової непрацездатності або перебування у відпустці, за винятком відпустки у зв'язку з пологами та догляду за дитиною до трьох років; [1]

- відповідно до статті 6 Закону № 2136 в період дії воєнного стану нормальна тривалість робочого часу може бути збільшена до 60 годин на тиждень лише для працівників, які зайняті на об'єктах критичної інфраструктури, наприклад в оборонній та життєзабезпечувальній сферах. Роботодавець має право збільшити тривалість робочого часу до 60 годин на тиждень, але необов'язково для всіх працівників. Об'єктами критичної інфраструктури, згідно зі статтею 1 Закону "Про критичну інфраструктуру", є важливі для економіки, національної безпеки та оборони об'єкти інфраструктури, системи та їх складові, порушення функціонування яких може завдати шкоди національним інтересам. Тривалість безперервного щотижневого відпочинку може бути скорочена до 24 годин. Під час введення воєнного стану статті 53 (щодо тривалості роботи перед святковими, неробочими і вихідними днями), 65 (щодо граничних норм надурочної роботи), 67 (щодо перенесення вихідного дня), 71 (щодо заборони працювати у вихідні) та 73, 781 (щодо святкових і неробочих днів та відпусток) Кодексу законів про працю України не застосовуються. [1]

Воєнний стан припиняється після закінчення терміну його введення, і для цього не потрібен окремий указ Президента. Проте, якщо зникне загроза нападу чи небезпека державної незалежності України, Президент може скасувати воєнний стан до закінчення терміну його введення шляхом ухвалення негайного указу, який оголошують через ЗМІ.

#### Список посилань

1. Закон України "Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2136-20#Text>
2. Конституція України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>
3. Постанова КМУ від 13 березня 2022 р. № 303 "Про припинення заходів державного нагляду (контролю) і державного ринкового нагляду в умовах воєнного стану" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-pripinennya-zahodiv-derzhavnogo-naglyadu-kontrolyu-i-derzhavnogo-rinkovogo-naglyadu-v-umovah-voennogo-stanu-303>
4. Постанова КМУ від 19 квітня 2022 р. № 473 "Про затвердження Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473-2022-%D0%BF#Text>
5. Постанова КМУ від 19 квітня 2022 р. № 474 "Про затвердження Порядку виконання робіт з демонтажу об'єктів, пошкоджених або зруйнованих внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/474-2022-%D0%BF#Text>
6. Постанова КМУ від 20 січня 2023 р. № 59 "Про внесення змін до Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-vnesennia-zmin-do-poriadku-rozsliduvannia-ta-obliku-neshchasnykh-vypadkiv-profesiinykh-t200123>
7. Указ президента України №64/2022 від 24.02.2022 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.president.gov.ua/documents/642022-41397>

УДК 331.42:004

Труш М.В., студент  
Денисова Н.М., канд.техн.наук, доцент  
Національний університет «Чернігівська політехніка», trush.kolya@gmail.com

## ОСНОВНІ ШКІДЛИВІ ТА НЕБЕЗПЕЧНІ ФАКТОРИ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ З ПЕОМ

Робота з екранними пристроями нормується Директива ЄС 90/270/ЄЕС «Про мінімальні вимоги безпеки та гігієни праці при роботі з екранними пристроями»[1]. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними

пристроєм» жорстко регламентують безпечні умови роботи і вимоги по захисту здоров'я осіб, що працюють з комп'ютерами[2].

Україна має нормативні акти, які встановлюють граничні значення експозиції електромагнітних полів (ЕМП) для захисту населення. ДСНіП 3.3.6.096-2002 "Про затвердження Державних санітарних норм та правил при роботі з джерелами електромагнітних полів" визначає граничні значення експозиції ЕМП на робочому місці для різних частотних діапазонів[3].

Санітарні норми і правила ДСанПіН 3.3.2-007-98 "Гігієнічні вимоги до умов роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ)" встановлюють допустимі рівні ЕМП, що випромінюються від візуальних дисплейних терміналів[4].

Граничні значення експозиції ЕМП в Україні відповідають рекомендаціям Міжнародної комісії з захисту від неіонізуючих випромінювань (МКЗВНІВ).

Рекомендації Ради Європи 1999/519/ЕС визначають граничні значення експозиції ЕМП для різних частотних діапазонів, включаючи ІТ технології.

Міжнародні рекомендації ICNIRP встановлюють стандарти експозиції ЕМП, які використовуються як важливий джерело виробничих та організаційних стандартів в Європі.

Нормативні вимоги і стандарти щодо пульсації світлового потоку та блескості в ІТ технологіях в Україні визначаються відповідними національними стандартами та рекомендаціями. Україна має внутрішні нормативні документи, які регулюють питання пульсації світлового потоку та блескості в контексті ІТ технологій. Національний стандарт України ДСТУ 2293:2014 визначає вимоги до якості зображення на візуальних дисплеях, включаючи обмеження пульсації світлового потоку та блескості[5].

Міністерство охорони здоров'я України встановлює рекомендації та нормативи, спрямовані на забезпечення безпеки роботи з візуальними дисплеями та запобігання негативному впливу пульсації світлового потоку та блескості на зорову систему працівників. Стандарт EN 62471 нормує пульсацію світлового потоку та блескості в контексті ІТ технологій у Європі, встановлюючи граничні значення для різних типів світлових джерел, включаючи екрани комп'ютерів та візуальні пристрої[6].

Технічний звіт SCENIHR містить рекомендації щодо максимальних рівнів блескості на різних типах дисплеїв з метою забезпечення комфортного сприйняття та запобігання втоми очей.

Яскравість на робочій поверхні монітора і в межах навколишнього простору повинна розподілятися рівномірно, без різких тіней на робочій поверхні. Вимагається відсутність відблисків у полі зору, що можуть спричинити осліплення та незручності під час роботи. Вимоги до природного та штучного освітлення приміщень з комп'ютерами визначаються згідно ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення"[7].

Вимоги до мікроклімату визначені санітарними нормами, такими як ДСН 3.3.6.042

Необхідно використовувати системи вентиляції, кондиціонування та опалення для досягнення оптимального мікроклімату. ДБН В.2.5-67:2013 встановлює вимоги щодо опалення, вентиляції та кондиціонування в приміщеннях з ПК[8].

Джерелами шуму при роботі з ПК є різні компоненти, такі як жорсткий диск, вентилятори, CD-ROM та DVD-ROM приводи, сканери та механічні частини принтера. Вентиляційна система ПК, яка підтримує оптимальну температуру, може створювати аеродинамічний шум. Рівні звукового тиску на робочих місцях з ПК повинні відповідати санітарним нормам, таким як ДСанПіН 3.3.2.007-98 та ДСН 3.3.6-037-99[9].

Вимоги до обладнання та організації робочих місць користувачів ПК повинні здійснюватися з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності, а також ергономічних вимог до конструкції всіх елементів робочого місця та їх розміщення, згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18

«Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями»[10].

Режими праці та відпочинку користувачів ПК визначаються в залежності від характеру, типу і обсягу робіт що виконуються відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [10].

Таким чином Україна встановлює строгі вимоги безпеки та гігієни праці при роботі з екранними пристроями, включаючи граничні значення експозиції електромагнітних полів, пульсації світлового потоку та блескості, освітлення, мікроклімату, шуму, організації робочих місць та режимів праці і відпочинку.

#### Список посилань

1. Директива «Про мінімальні вимоги безпеки та гігієни праці при роботі з екранними пристроями» [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=66214](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=66214)
2. Директива «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=77160](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77160)
3. Нормативні акти "Про затвердження Державних санітарних норм та правил при роботі з джерелами електромагнітних полів" » [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03#Text>
4. Санітарні норми і правила «Гігієнічні вимоги до умов роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ)» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dnaop.com/html/2297/>
5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1429731-14#Text>
6. Стандарт EN 62471 [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=74817](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=74817)
7. Вимоги до природного та штучного освітлення "Природне і штучне освітлення" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn\\_v\\_2\\_5\\_28/1-1-0-1188](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-1188)
8. Санітарні норми [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
9. Санітарні норми [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dnaop.com/html/40939/doc>
10. Санітарні норми «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=77160](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77160)

УДК 316.159.9. 612.8. 355.01

Мозгова Н.А.

Національний університет «Чернігівська політехніка», [krolivec1995@ukr.net](mailto:krolivec1995@ukr.net)

### ПРОБЛЕМАТИКА СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНОЇ АДАПТАЦІЇ УЧАСНИКІВ БОЙОВИХ ДІЙ. БОЙОВА ПСИХІЧНА ТРАВМА.

Сучасна проблематика адаптації учасників бойових дій полягає у неналежному вивченні бойового досвіду зіткнення на полі бою військовослужбовців за контрактом та військовослужбовців призваних за мобілізацією. При вивченні цієї проблеми, можна виявити певні недоліки у її теоретичній частині, та при застосуванні положень на практиці.

Участь у бойових діях завжди має свою «ціну»: в Світі по статистиці в перші дні проведення бойових дій бойову психічну травму бойова психічна травма отримують 60–65% військовослужбовців. Тільки 25% із загальної кількості бійців адекватно реагують на бойову обстановку, у інших фіксують дезорганізацію психічної діяльності, а саме: 10–25% військових мають реактивні психологічні порушення, а у 35% спостерігаються стійкі порушення психіки, які залишаються на все життя. Через деякий час у 50–80% особистостей, які перенесли тяжкий стрес розвивається посттравматичний стресовий

розлад . За даними статистики різних війн – психічні розлади, на театрі ведення бойових дій, нараховують від 6% до 12% чисельності особового складу і до 30% – від загальної кількості бойових втрат, які іноді супроводжуються частковою, або повною втратою боєздатності військ [1, 2]

Опитування військовослужбовця призваного за мобілізації у 2014 році, який перебував у гарячих точках на Луганщині та Донеччині та згодом брав участь у бойових діях у районі міста Чернігова, показало, що практична ситуація на лінії зіткнення та подальша дія з бойовою психічною травмою зовсім інша, ніж описую в деяких методичних рекомендаціях, про те коли людина, яка отримала бойову психічну травму повинна сама з нею боротися і ніякі сторонні люди не повинні втручатися в цей процес психічний процес

За першими ознаками бойової психічної травми повинні відреагувати на цей стан військовослужбовці, які були поруч з людиною, яка отримала травму.

Обов'язково, вже після закінчення бойового зіткнення людину необхідно адаптувати до свідомого сприйняття ситуації:

1. встановити зоровий контакт з особою;
2. дати відчутти зв'язок з тілом;
3. зорієнтувати людину в часі та просторі;
4. задати елементарні питання, яке ім'я, скільки років, і тощо.

З клінічної точки зору розрізняють два прояви бойової психічної травми. Один з них це загальмована поведінка (ступор), інша прояв неадекватної активності. В першому та другому випадку обізнаність тактичної медицини зможе вивести солдата з проявів дезорієнтації та зменшити наслідки бойової психічної травми. п

При цьому необхідно обов'язкове доведення про ситуацію командирів та евакуювати постраждалого, де вже на місці військові медики здійснюють медикаментозну терапію. Після чого військовослужбовця направляють до лікарні. Проте є такі випадки коли за висновком військово-лікарської комісії людину визнають придатною та знову відправляють на лінію зіткнення, недостатньо оглянувши її, та особливо незважаючи на її моральний та психологічний стан, що погіршує не тільки здоров'я, а і мотивацію далі захищати Батьківщину.

Тому для військовослужбовців, які отримали психічне порушення повинна бути обов'язкова примусова реабілітація, вже після психотравмуючої події. Також повинен бути облік таких пацієнтів з обов'язковими профілактичними заходами раз на пів року.

До прикладу у США до початку будь-якої операції військові проходять курси бойової стійкості, або бойової філософії. Під час проведення військових дій спеціалізовані групи контролюють стан отриманого бойового стресу у військових. Вони виїжджають на місця з підрозділами і повертаються з ними на ротацію, де процес реабілітації є обов'язковою і формалізованою процедурою, на яку відводиться спеціальний час для реінтеграції й «психологічної декомпресії» військовослужбовця; обов'язковою процедурою є медогляд, інформативний брифінг, поглиблене тестування у психолога, які ініціюють окремі курси з повернення до цивільного життя (Психологічна декомпресія за стандартами НАТО – форма психологічної реабілітації військовослужбовців, які перебували в екстремальних (бойових) умовах службово-бойової діяльності, яка складається із комплексу заходів фізичного і психологічного відновлення організму людини та проводиться з метою поступової реадaptaції військовослужбовців до звичайних умов життєдіяльності, запобігання розвитку у них психологічних травм) [2, 3, 4].

На основі результатів дослідження стану психічного здоров'я військовослужбовців за допомогою методики багатомірного скринінгу можуть застосовуватися наступні рекомендації щодо психопрофілактичних заходів:

- військовослужбовці з трьома несприятливими оцінками адаптації (відмічається приблизно у 1% обстежених) направляються на огляд до психіатра для оцінки їх стану відповідно до феноменологічних класифікацій МКХ-10 / DSM-IV TR;
- військовослужбовці з будь-якими двома несприятливими оцінками адаптації (зустрічається приблизно у 6-8% обстежуваних) потребують динамічного спостереження лікарів частини – фахівців груп психічного здоров'я;
- військовослужбовцям з будь-якою однією несприятливою оцінкою адаптації (зустрічається приблизно у 20% обстежених) показані заходи психологічного та виховного характеру;
- для військовослужбовців без ознак дезадаптації ніяких спеціальних заходів не проводять.

В результативність подальшого психолого-медичного супроводу – моніторингу психічного здоров'я в значній мірі залежить від ефективності взаємодії між командирами, фахівцями органів виховної роботи, психологами та медичною службою. [5]

#### Список посилань

1. Варій М.Й. Основи психології і педагогіки: навч. пос. [для студ. вищ. навч. закл.] / М. Й. Варій, В.Л. Ортинський; – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 376 с.
2. Караяни А.Г. Психологічна реабілітація учасників бойових дій / А.Г. Караяни. – М., 2003. – 80 с.
3. Карпюк Г. Реабілітація і медицина для військових. Перехід від тактики до стратегії [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.mil.gov.ua/news/2018/05/25/reabilitacziya-i-mediczina-dlya-vijskovih-perehid-vid-taktikido-strategii>.
4. Україні на заздирість: як в США реабілітація ветеранів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://korrespondent.net/world/3482506-ukrayne-na-zavyyst-kak-v-ssha-reabylytyuuit-veteranov>.
5. Методичний посібник. Основи психологічної допомоги військовослужбовцям в умовах бойових дій / [Кокун О.М., Агаєв Н.А., Пішко І.О., Лозінська Н.С.] – 2015. – 107 с.

УДК 66.012:330.34

**Хохотва О.П.,** докт. техн. наук, доцент  
**Ковальова О.В.,** студентка

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
khokhotva@bigmir.net

### **ХІМІЧНИЙ ЛІЗИНГ ЯК ІННОВАЦІЙНА БІЗНЕС-МОДЕЛЬ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ СПОЖИВАННЯ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН У ПРОМИСЛОВОСТІ**

Промислове виробництво опирається на три стовпи сталого розвитку: економічну конкурентоспроможність, соціальні аспекти (працевлаштування, якість життя) і вплив на навколишнє середовище. Зусилля промисловців і дослідників спрямовані на оптимізацію життєвого циклу, в першу чергу на переробку і безпечне використання відпрацьованої продукції та промислових відходів. Розробляються більш ефективні виробничі системи, обладнання, промислові процеси для мінімізації споживання первинних сировинних і енергетичних ресурсів.

Превентивний підхід більш чистого був покладений в основу концепції хімічного лізингу [1, 2]. Її суть полягає в тому, що підприємства сплачує постачальнику не за кількість придбаних хімічних речовин, а за функції, корисність, отримані при використанні цих речовин.

Для проведення технологічних процесів закупаються ті чи інші хімічні речовини, які самі по собі їм не потрібні, а потрібні функції, які виконуються цими хімікатами: соляна кислота купується для травлення сталі перед нанесенням гальванічних покриттів, мастильні речовини закупаються для забезпечення гладкості роботи рухомих механізмів, клей



потрібен для заклеювання упаковки/наклеювання етикеток тощо. При цьому потрібні хімікати часто застосовуються нераціонально, що веде до непотрібних додаткових фінансових витрат внаслідок закупівлі з надлишком та утилізації утворених токсичних відходів. Підприємство, як правило, намагається зменшити свої витрати на допоміжні матеріали, до яких відносяться і хімічні речовини. Зважаючи на наявність на ринку декількох альтернатив, зазвичай купується найдешевше і, часто, малоефективне, що, в свою чергу, веде до перевитрати, збільшення переробок і, як наслідок, частоти закупівель.

Традиційно постачальник хімікатів, продаючи їх споживачеві, має чіткий економічний інтерес у збільшенні кількості поставок, оскільки його прибуток залежить від обсягу продажів, який, в свою чергу, має наслідком більш інтенсивне споживання сировини і збільшення викидів у навколишнє середовище внаслідок надлишкового виробництва та нераціонального використання.

З тупикової ситуації, коли підприємство прагне купувати менше, а постачальник продавати більше, є вихід – бізнес-модель хімічного лізингу. У ній постачальник отримує оплату не за об'єм проданих хімікатів, а за послугу, що надається цими хімічними речовинами. Таким чином, постачальник хімікатів перетворюється на постачальника послуг і буде прагнути знизити свої витрати, надаючи споживачу послугу обумовленої якості. Зниження витрат зазвичай означає зниження споживання хімікатів. Постачальник хімікатів, володіючи ноу-хау щодо властивостей хімікатів і способів їх найбільш раціонального використання і переробки, буде намагатися застосовувати їх з максимальною ефективністю. Таким чином, зв'язка «об'єм продажів – прибуток» розривається: прибуток залежить не від кількості проданого, а від ефективності. Оплата розраховується не в грошових одиницях за кг або л, а за м<sup>2</sup> пофарбованої поверхні, за кількість годин безперебійної роботи конвеєра, який залежить від якості мастила, за кількість гектарів сільськогосподарських угідь без шкідників тощо.

Хімічний лізинг має ряд чітких відмінностей від інших сервіс-орієнтованих бізнес-моделей, які можуть бути застосовані для управління хімічними речовинами на підприємстві. До відмінностей слід віднести вирішення питань оптимізації споживання хімікатів, тісну співпрацю, поєднання знань та досвіду виробників та користувачів, навчання персоналу користувача послуги [3].

Економічна вигідність для всіх учасників проектів хімічного лізингу є обов'язковою умовою успішності їх реалізації.

Бізнес-модель хімічного лізингу дає можливість виробнику/постачальнику хімічних речовин збільшити прибуток:

- при збереженні обсягів виробництва хімікатів і їх більш раціональному та ефективному використанні – за рахунок задоволення потреби більшого числа споживачів;
- при збереженні існуючого числа споживачів – за рахунок економії сировини та енергоносіїв, оскільки вдасться уникнути перевиробництва при збереженні рівня задоволеності замовників;
- за рахунок встановлення тривалих партнерських відносин зі споживачами та отримання прямого доступу до потреб клієнтів, забезпечуючи таким чином більшу стабільність фінансових надходжень.

Користувач хімічних речовин:

- отримує продукт обумовленої якості, при цьому це коштує йому дешевше, ніж проведення процесу власними силами, оскільки оптимальніше протікає сам технологічний процес і витрачається менше хімічних речовин;
- позбувається необхідності самостійного вирішення питання утилізації відходів, що утворюються в результаті даного процесу з використанням хімікатів;
- більше часу може витратити на свою ключову бізнес-діяльність, на удосконалення основного продукту/виробу/послуги.

Так, в одному з проектів з хімічного лізингу в Сербії партнерами були Henkel (виробник клеїв) і Vambi Vanat (виробник кондитерських виробів). Компанія Henkel надавала послугу заклеювання картонних коробок з печивом. Вона замінила клей, що використовувався раніше, на інший, який має нижчу температуру плавлення і дозволяє наносити його при меншому тиску. Вдалося також уникнути перевитрати клею. Оплата за послуги розраховувалася, виходячи з кількості заклеєних упаковок, а не з кількості витраченого клею. Така співпраця дозволила компанії Vambi Vanat знизити витрати на операцію склеювання на 26%. Дані про економічну вигоду компанії Henkel не розкриваються, проте відомо, що вона не тільки отримала додатковий прибуток, але і значно потіснила конкурентів, оскільки раніше Vambi Vanat закуповувала клей у кількох постачальників.

Хімічний лізинг вигідний і для постачальника обладнання, оскільки він:

- має можливість виробляти і створювати попит на нове, досконаліше обладнання;
- отримує доступ до нових ринків.

Таким чином, в концепції хімічного лізингу економічні інтереси постачальника і користувача хімічних речовин збігаються: обидва зацікавлені в отриманні кінцевого продукту належної якості і намагаються знизити кількість споживаних хімічних речовин. Зменшення обороту останніх також сприятливо позначається на екологічних показниках виробництва і стані навколишнього середовища.

#### **Список посилань**

1. Jakl T. Chemical Leasing: an intelligent and integrated business model with a view to sustainable development in materials management / T. Jakl, R. Joas, R. Schott, A. Windaperger. – Springer, Vienna. – 2004. – 150 p.
2. Jakl T. Chemical Leasing goes global – selling services instead of barrels: A Win-Win model for Environment and Industry / T. Jakl, P. Schwager. – Springer Wien New York. – 2008. – 248 p.
3. Хохотва О. П. Порівняльний аналіз хімічного лізингу та інших бізнес-моделей в управлінні хімічними речовинами на підприємстві // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія: "Економічні науки". - 2022. - №4.

## НАУКОВЕ ВИДАННЯ

### **XIII Міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»**

**25 – 26 травня 2023 року, м. Чернігів**

#### **Том 2**

Відповідальний за випуск	А.М. Єрошенко
Редактор	С.П. Сапон
Комп'ютерна верстка і макетування:	О.С. Сапон, В.В. Гайовий

Прийнято 26.05.2023. Здано до друку 26.05.2023 р.  
Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman.  
Ум.-друк. арк. 20,93. Тираж 100 пр. Зам. № 10/23

---

Редакційно-видавничий відділ Національного університету «Чернігівська політехніка»  
14035, Україна, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,  
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції  
серія ДК № 7128 від 18.08.2020 р.