

Міністерство освіти і науки України  
 Національний університет «Чернігівська політехніка» (Україна)  
 Асоціація випускників Національного університету «Чернігівська політехніка»  
 Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
 Херсонський національний технічний університет (Україна)  
 Луцький національний технічний університет (Україна)  
 Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)  
 Національний авіаційний університет (Україна)  
 Oerlikon Barmag GmbH (Німеччина)  
 ТОВ «БАХ-Інжиніринг» (Україна)  
 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 XII міжнародної  
 науково-практичної конференції

# «КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ»

Том 2

26 - 27 травня 2022 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 № 4 від 30.05.2022)*

**Комплексне** забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС –  
К63 2022) : матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції  
(м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська  
політехніка» [та ін.] ; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів :  
НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – Т. 2. – 264 с.

ISBN 978-617-7932-16-0

### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

к.т.н., доц. Єрошенко Андрій Михайлович, (Секція №1)  
к.т.н., доц. Космач Олександр Павлович, (Секція №2)  
к.т.н., доц. Сапон Сергій Петрович, (Секція № 3)  
к.т.н., доц. Хребтань Олена Борисівна, (Секція № 4)  
к.т.н., доц. Прибисько Ірина Олександрівна, (Секція №5)  
к.т.н., доц. Корзаченко Микола Миколайович, (Секція №6)  
к.т.н., доц. Терещук Олексій Іванович, (Секція № 6)  
к.т.н., доц. Приступа Анатолій Леонідович, (Секція №7)  
к.т.н., доц. Базилевич Володимир Маркович, (Секція № 8)  
к.пед.н., доц. Коленіченко Тетяна Іванівна (Секція №9)

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

к.т.н., доц. 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 978-617-7932-16-0

© 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)  
к.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, (Технічний університет Кошице, Словаччина)  
д.т.н., проф. Нікітенко М.І. (Білоруський національний технічний університет, Білорусь)  
д.ф.н., проф. Новрузов Рафік (Бакинський 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 Національного університету «Чернігівська політехніка»)  
д.т.н., проф. Ступа В.І. (м. Чернігів, ТОВ «БАХ Інжиніринг»)  
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., с.н.с. Башинський В.Г. (м. Чернігів, ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки)  
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., с.н.с. Дмитрієв В.А. (м. Чернігів, ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки)  
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)  
д.т.н., проф. Дубенець В.Г. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)  
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)  
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. Кузнецов Ю.М. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
д.т.н., проф. Лебедев В. О. (м. Київ, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона)  
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.т.н., проф. Огінський Й.К. (м. Запоріжжя, Запорізький національний університет)  
д.т.н., проф. Орловський Б.В. (м. Київ, Київський національний університет технологій та дизайну)  
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. Пінчевська О.О. (м. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України)  
д.т.н., проф. Пилипенко О.І. (м. Чернігів, ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки)  
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, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)  
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. Серeda 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, Одеський національний політехнічний університет)  
д.пед.н., проф. Ткач Ю.М. (м. Чернігів, НУ «Чернігівська політехніка»)  
д.т.н., проф. Тонконогий В.М. (м. Одеса, Одеський національний політехнічний університет)  
д.т.н., проф. Фальченко Ю.В. (м. Київ, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона)  
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. Чернігів, ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки)  
д.т.н., доц. Чуприна В.М. (м. Чернігів, ДНДІ 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

|                                                                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Mammadov Arif<sup>1</sup>, İsmailov Nizami<sup>1</sup>, Huseynov Mukhtar<sup>1</sup>, Guliyev Faiq<sup>2</sup></b> Structural changes in thermal hardening of construction reinforcing steels                         | 18 |
| <sup>1</sup> Azerbaijan Technical University, Baku                                                                                                                                                                       |    |
| <sup>2</sup> "Baku Steel Company" LLC, Baku                                                                                                                                                                              |    |
| <b>Mammadov Arif<sup>1</sup>, İsmailov Nizami<sup>1</sup>, Huseynov Mukhtar<sup>1</sup>, Guliyev Faiq<sup>2</sup></b> Some aspects of modeling of the steel-making process                                               | 20 |
| <sup>1</sup> Azerbaijan Technical University, Baku                                                                                                                                                                       |    |
| <sup>2</sup> "Baku Steel Company" LLC, Baku                                                                                                                                                                              |    |
| <b>Zvirko O. I., Tsyurulnyk O. I., Voloshyn V. A., Kurylas M. S., Kurnat I. M.</b> Peculiarities of operational embrittlement and fracture of structural steels under hydrogen influence                                 | 22 |
| <i>Karpenko Physico-Mechanical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv</i>                                                                                                                        |    |
| <b>Semenov P.O.<sup>1</sup>, Nesterov O.A.<sup>1</sup>, Hredil M.I.<sup>2</sup></b> Materials science aspects of in-service reduction in brittle fracture resistance of metal structures of sea port cranes              | 23 |
| <sup>1</sup> Odessa National Maritime University, Odessa                                                                                                                                                                 |    |
| <sup>2</sup> Karpenko Physico-Mechanical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv                                                                                                                  |    |
| <b>Halchuk T.N.</b> Optimization of processes grinding of metal powders                                                                                                                                                  | 24 |
| <i>Lutsk National Technical University, Lutsk</i>                                                                                                                                                                        |    |
| <b>Shamsiyya İlham</b> Priority areas of ferroalloys production                                                                                                                                                          | 25 |
| <i>Azerbaijan Technical University, Baku</i>                                                                                                                                                                             |    |
| <b>Sereda B.P., Sereda D.B., Bilozir I.V.</b> Formation of molybdene coatings on steel in conditions of self propagating high temperature synthesis                                                                      | 26 |
| <i>Dnipro State Technical University, Kamyanske</i>                                                                                                                                                                      |    |
| <b>Sereda B.P., Sereda D.B., Kiforuk D.M.</b> Formation of wear-resistant coatings on construction materials using self propagating high-temperature synthesis                                                           | 27 |
| <i>Dnipro State Technical University, Kamyanske</i>                                                                                                                                                                      |    |
| <b>Sereda B.P., Kruglyak I.V., Prolomov A.A.</b> Wear resistance of silicon coatings obtained in the conditions of self propagating high-temperature synthesis                                                           | 28 |
| <i>Dnipro State Technical University, Kamyanske</i>                                                                                                                                                                      |    |
| <b>Sereda B.P., Cherneta O. G., Skorohod M.</b> Strengthening of automotive parts taking into account structural transformations in surface layers                                                                       | 29 |
| <i>Dnipro State Technical University, Kamyanske</i>                                                                                                                                                                      |    |
| <b>Kruglyak I.V., Cherneta O.G., Stasevich O.O.</b> Technologies of restoration and strengthening of cams of the crankshaft of the automobile engine                                                                     | 30 |
| <i>Dnipro State Technical University, Kamyanske</i>                                                                                                                                                                      |    |
| <b>Vusala Jafarova.</b> Evaluation of the liquid steel desulfurization process in a furnace                                                                                                                              | 30 |
| <i>Azerbaijan Technical University, Baku</i>                                                                                                                                                                             |    |
| <b>H. Krechkovska<sup>1</sup>, I. Shtoyko<sup>1</sup>, I. Tsybailo<sup>1</sup>, P. Solovey<sup>1</sup>, S. Krechkovska<sup>2</sup></b> Sensitivity of characteristics of heat-resistant steel to operational degradation | 32 |
| <sup>1</sup> Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv                                                                                                                                           |    |
| <sup>2</sup> Lviv Polytechnic National University, Lviv                                                                                                                                                                  |    |

- Kobzar N., Chvertko Y.** Possibility of transferring welding technologies to extraterrestrial conditions 33  
*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv*
- Майданчук Т.Б., Ілюшенко В.М., Бондаренко А.М., Лук'янченко Є.П.** 34  
 Особливості двоелектродного MIG-процесу наплавлення бронзи по тонкому шару флюсу  
*Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м.Київ*
- Максимів О.В., Кирилів В.І., Звірко О.І.** Формування механоімпульсною 35  
 обробкою поверхневих наноструктур на сталях перлітного класу  
*Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів*
- Резнік С.А., Майданчук Т.Б., Лук'янченко Є.П., Ганчук А.В.** Удосконалення 36  
 технології зварювання вертикальних стикових з'єднань з примусовим формуванням металу швів  
*Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м.Київ*
- Фальченко Ю.В., Петрушинець Л.В., Федорчук В.Є.** Сучасні технологічні 37  
 прийоми зварювання тиском магнієвих сплавів  
*Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ*
- Казимиренко Ю.О., Лебедєва Н.Ю., Макруха Т.О.** Термоциклічні випробування 38  
 покриттів, наповнених зольними мікросферами  
*Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв*
- Костін О.М.<sup>1</sup>, Мартиненко В.О.<sup>2</sup>** Автоматизоване визначення зварювально- 39  
 технологічних характеристик покритих електродів на комплексі УПЕ-500  
<sup>1</sup> Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв  
<sup>2</sup> Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв
- Смирнов І.В., Чорний А.В., Лисак В.В.** Зміцнення стволів вогнепальної зброї 41  
 азотуванням в імпульсному режимі  
*Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Лебедєв В.О.<sup>1</sup>, Новиков С.В.<sup>2</sup>** Установка для наплавлення та зварювання в 42  
 середовищі CO<sub>2</sub> з механічними поперечними гармонічними коливаннями зварювальної ванни  
<sup>1</sup> ДКТБ Інституту електрозварювання імені Є.О.Патона НАН України, м. Київ  
<sup>2</sup> Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ,
- Лебедєв В. О.<sup>1</sup>, Спіхтаренко В. В.<sup>2</sup>** Врахування термічного циклу при плазмовому 44  
 напиленні  
<sup>1</sup> ДКТБ Інституту електрозварювання імені Є.О.Патона НАН України, м. Київ  
<sup>2</sup> Херсонський ННІ Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Херсон
- Лебедєв В.О.** Кристалічна структура металу при наплавленні з модуляцією режимів 46  
*ДКТБ Інституту електрозварювання імені Є.О.Патона НАН України, м. Київ*
- Болотов Г.П., Болотов М.Г., Руденко М.М.** Експериментальне визначення впливу 48  
 тиску газу на стабільність тліючого розряду в умовах зварювання  
*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Волос О.В.** Магнетронне нанесення нанокompозитних покриттів nc-TiC/a-C та CN<sub>x</sub> 49  
*Інститут Електрозварювання ім. Е. О. Патона НАНУ, м. Київ*

- Пулька Ч.В.<sup>1</sup>, Макаренко Н.О.<sup>2</sup>, Підгурський М.І.<sup>1</sup>, Сенчишин В.С.<sup>1</sup>** 50  
Застосування вібрації при індукційному наплавленні  
<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль  
<sup>2</sup>Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ
- Смирнов І.В.<sup>1</sup>, Лопата О.В.<sup>1</sup>, Зінковський А.П.<sup>2</sup>, Лопата Л.А.<sup>2</sup>, Кобзарь В.Л.<sup>2</sup>** 52  
Адгезійна міцність та залишкові напруження в покриттях, отриманих електроконтактним методом  
<sup>1</sup>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ  
<sup>2</sup>Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ
- Калюжний С.М., Войнарович С.Г., Кислиця О.М.** Дослідження втрат 55  
розпилюваного матеріалу при мікроплазмовому нанесенні біосумісного покриття із цирконієвого сплаву КТЦ-110  
Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ
- Калюжний С.М., Молтасов А.В., Димань М.М.** Встановлення залежності модуля 57  
пружності мікроплазмових покриттів зі сплавів ВТ1-00 та КТЦ-110 від їх пористості  
Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ
- Бойко І.О., Пашинський В.В., Пашинська О.Г.** Зміцнення та відновлення 59  
пресових шайб наплавленням  
Технічний університет «Метінвест політехніка», м. Маріуполь
- Долгов М.А., Калініченко В.І.** Вибір методу азотування для поверхневого 61  
зміцнення сплавів  
Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ
- Чурсов С.О.** Оцінка пошкоджень матеріалів корду та резинокордної конструкції в 63  
елементах пневматичних шин  
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон
- Широкий Ю.В., Торосян Г.Д., Торосян О.В.** Моделювання ерозійних процесів у 65  
плямах електродів під час вакуумного розряду при формуванні наноструктур  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», м. Харків
- Ханюков К.С., Говорун Т.П., Пахненко Д.В., Бурлака А.Ю.** Зміцнення 66  
різального інструмента шляхом нанесення наноструктурованих покриттів на основі Ti, Al, Si та N  
Сумський державний університет, м. Суми
- Берднікова О.М.<sup>1</sup>, Алексеєнко І.І.<sup>1</sup>, Алексеєнко Т.О.<sup>1</sup>, Газнюк Ю.С.<sup>1</sup>, 68  
Гурнік О.О.<sup>2</sup>** Структура та характер руйнування металу ЗТВ корозійностійкої сталі 06Г2БДП  
<sup>1</sup>Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, 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., Єремєєва Л.Т., 70  
Кайда Т.В.** Структурні зміни у поверхневих шарах конструкційної сталі 40Х після імпульсно-плазмової обробки  
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ
- Широкий Ю.В., Торосян О.В., Жидєєв П.Р.** Ефективність залежності коефіцієнта 72  
ерозії від часу життя плями та густини струму на електродах  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», м. Харків

- Мазанко В.Ф., Герцрікен Д.С.** Взаємодія міді з криптоном та ксеноном у жевріючому розряді 73  
*Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ*
- Герцрікен Д.С., Мазанко В.Ф., Зайцева Н.В., Богданов С.Є.** Взаємодія заліза з легкими елементами та інертними газами при жевріючому розряді у суміші газів 75  
*Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ*
- Герцрікен Д.С., Мазанко В.Ф., Зайцева Н.В., Богданов С.Є.** Вплив агрегатного стану середовища при дії іскрових розрядів на взаємодію заліза з азотом та аміаком 77  
*Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ*
- Болотов М.Г., Болотов Г.П., Деркач О.Л.** Моделювання напружено-деформованого стану зварних з'єднань арматури залізобетону 80  
*Національний Університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Гаєвський О.А., Гаєвський В.О., Пічугін І.С.** Процесноорієнтований статистичний критерій прийнятності зварювальних матеріалів 82  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Зяхор І.В.<sup>1</sup>, Завертанний М.С.<sup>1</sup>, Наконечний А.О.<sup>1</sup>, Wang Qichen<sup>2</sup>** Біметалічні перехідники сплав CuCrZr – сталь 316L 83  
<sup>1</sup> *Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ*  
<sup>2</sup> *SIMC Offshore Engineering Institute Company Limited*
- Осіпов М.Ю., Капустян О.Є., Бриков М.М., Куликовський Р.А., Акритова Т.О.** Дослідження впливу типу карбідної фази на структуру та властивості залізохромвуглецевої карбідосталі 85  
*Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя*
- Рассамакін В.Я.** Застосування PECVD гідрогенізованих шарів SiNH у напівпровідникових приладах 86  
*Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*
- Романенко В.В., Головка Л.Ф., Блощин М.С., Савченко О.А., Ототюк О.С.** Підвищення якості плазмових зносостійких покриттів застосуванням лазерного термоцикування 87  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ*
- Романенко В.В., Головка Л.Ф., Блощин М.С., Ототюк О.С.** Покращення характеристик клейових з'єднань деталей авіаційної техніки попереднім лазерним модифікуванням їх поверхонь 88  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ*

## СЕКЦІЯ 6

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

- Savenko V.I.<sup>1</sup>, Vysotska L.M.<sup>2</sup>, Kushchenko I.V.<sup>3</sup>, Honcharenko T.A.<sup>1</sup>, Tkachuk V.M.<sup>1</sup>** Innovative ecoprotection of metals against corrosion in metal-intensive structures with the help of the contrust rust modifier 89  
<sup>1</sup> *Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*  
<sup>2</sup> *Private Enterprise «Ruslan and Liudymla», Kyiv*  
<sup>3</sup> *Pryazovskyi State Technical University, Mariupol*

|                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Mykytenko M.L., Kachynska N.F., Polukarov Yu.O., Polukarov O.I.</b> Ensuring the safety of workers on construction sites<br><i>National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv</i>                                         | 91  |
| <b>Tkalich A.P., Marchenko M.V., Mosicheva I.I., Slavuta M.O.</b> Accounting for partial lateral soil expansion in calculations settlements of foundations on weak bases<br><i>Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa</i>                   | 92  |
| <b>Молодід О.С., Ковальчук О.Ю., Рашківський В. П., Плохута Р.О., Мусіяка І.В.,</b> Особливості обстеження будівель та споруд, що зазнали пошкоджень внаслідок воєнних дій<br><i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>              | 94  |
| <b>Білик С.І., Нужний В.В.</b> Визначення кількості циклів при розрахунку на втому баштових конструкцій<br><i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>                                                                                 | 96  |
| <b>Білик С.І., Джанов Л.В.</b> Особливості вибору оптимального перерізу сталевих двотаврових зварних балок зі змінною шириною полиці та змінною висотою стінки<br><i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>                          | 97  |
| <b>Антошкін О.А.</b> Шляхи вдосконалення індивідуального мобільного пристрою для виявлення диму<br><i>Національний університет цивільного захисту України, м. Харків</i>                                                                                                | 98  |
| <b>Кочевих М.О., Гончар О.А., Анопко Д.В.</b> Застосування декоративного бетону у формуванні елементів ландшафтного дизайну,<br><i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>                                                            | 99  |
| <b>Винников Ю.Л., Харченко М.О., Листопад С.М.</b> Інформаційні технології інженерних вишукувань<br><i>Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка», м. Полтава</i>                                                                               | 100 |
| <b>Шатрова І.А., Демидова О.О.</b> Розробка календарних планів забудови мікрорайонів містобудівними комплексами,<br><i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>                                                                        | 102 |
| <b>Бугаєвський І.Ю., Корзаченко М.М., Руденко М.М.</b> Створення нових житлових кварталів в містах за методикою зарубіжних спеціалістів<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                      | 103 |
| <b>Підгурський І.М., Слободян В.В., Підлужний О.М., Биків Д.З., Підгурський М.І.</b> Модельовання напружено-деформівного стану балок з різною перфорацією стінки<br><i>Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль</i>              | 105 |
| <b>Хохрякова Д.О.</b> Швидкостпуруджувані будівлі: Modular vs. Prefab<br><i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>                                                                                                                   | 106 |
| <b>Гоц В.І., Ластівка О.В., Мегеть В.С.</b> Роль мікронізованих восків у формуванні властивостей порошкового покриття<br><i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>                                                                   | 107 |
| <b>Дауров М.К.</b> Напружений стан сталевих каркасів багатоповерхових будівель під час пожежі та його вплив на живучість<br><i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>                                                                | 108 |
| <b>Гончар О.А., Кочевих М.О., Бондаренко О.П., Кушнірова Л.О.</b> Перспективні напрямки переробки сульфатомістких техногенних продуктів для отримання будівельних матеріалів та виробів<br><i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i> | 110 |

|                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Барбаш М.І.</b> Використання САПР при впровадженні системи аналізу ризиків та критичних точок контролю<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                  | 111 |
| <b>Клименко Т.Є., Талімонова Н.Л., Анікіна А.А.</b> Особливості конструктивних елементів POP-UP видань<br><i>Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ</i>                                    | 113 |
| <b>Завацький С.В., Пекур І.В.</b> Порівняльний аналіз освітленості навчальних аудиторій засобами комп'ютерного моделювання<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                 | 114 |
| <b>Аксютенко К.А., Корзаченко М.М., Прибитько І.О.</b> Технології швидкого зведення будівель<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                               | 117 |
| <b>Ганєєв Т.Р., Корзаченко М.М., Петренко І.О., Лісений О.О., Бречко О.О.</b> Аналіз сучасних тенденцій в проектуванні систем захисту цивільного населення<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i> | 119 |

## СЕКЦІЯ 7

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Закладний О.О.</b> Управління енергетичним та технічним станом електромеханічних систем<br><i>Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i>                                                                                                                                                                                                             | 120 |
| <b>Тимофєєв В.Є., Кихтенко Я.В.</b> Сонячне випромінювання на похилу поверхню та оптимальні кути нахилу сонячного колектора<br><i>Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ</i>                                                                                                                                                                             | 122 |
| <b>Богомолов М.Ф.<sup>1</sup>, Троц А.А.,<sup>2</sup> Симонюк В.П.<sup>3</sup></b> Джерело енергії із води<br><sup>1</sup> <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i><br><sup>2</sup> <i>Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ</i><br><sup>3</sup> <i>Луцький національний технічний університет, м. Луцьк</i> | 124 |
| <b>Єщенко О.І., Демченко В.В.</b> Акумуляція теплової енергії в системах децентралізованого теплопостачання<br><i>Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i>                                                                                                                                                                                            | 125 |
| <b>Виноградов-Салтиков В.А., Єщенко О.І., Ряго В.В.</b> Особливості визначення теплофізичних характеристик сипких матеріалів в регулярному режимі<br><i>Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i>                                                                                                                                                      | 127 |
| <b>Єщенко О.І., Тупотіна Є.Д.</b> Система гарячого водопостачання адміністративної будівлі з використанням теплового насоса<br><i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>                                                                                                                                                                                | 129 |
| <b>Трус І.М., Гомеля М.Д., Твердохліб М.М., Руденко О., Хомутовська А.</b> Підвищення ефективності знесолення мінералізованих вод при використанні алюмінієвих коагулянтів<br><i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>                                                                                                                                 | 131 |
| <b>Сатюков А.І., Приступа А.Л.</b> Експериментальні дослідження проходження радіосигналів в стандарті 5G через будівельні матеріали<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                                                                                                                                                   | 133 |

- Приступа А.Л.<sup>1</sup>, Кулик Б.І.<sup>1</sup>, Бондар Р.В.<sup>2</sup>** Аналітичні методи зменшення втрат електроенергії в електричних мережах 10/0,4 кВ АТ «ЧЕРНІГІВООБЛЕНЕРГО» 134  
<sup>1</sup> Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів  
<sup>2</sup> АТ «Чернігівобленерго», м. Чернігів
- Шинкаренко В.Ф., Красовський П.О., Котлярова В.В., Давиденко В.В.** Генетичні моделі структуроутворення електромеханічних об'єктів класу топологічних моногібридів 136  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», м. Київ*
- Шинкаренко В.Ф., Шиманська А.А., Красовський П.О.** Принципи таксономії гібридних електромеханічних об'єктів 138  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», м. Київ*
- Ігнатишин В.В.<sup>1</sup>, Ігнатишин А.В.<sup>1</sup>, Ігнатишин М.Б.<sup>1</sup>, Вербицький С.Т.<sup>1</sup>, Іжак Т.Й.<sup>2</sup>** Сейсмічний стан Закарпаття: просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності за 2021 рік 140  
<sup>1</sup> Відділ сейсмічності Карпатського регіону, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Львів  
<sup>2</sup> Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II
- Радченко О.І., Ярова Т.Ю., Вакал В.С., Зеленський А.М., Вакал С.В.** Підвищення поживної цінності мінеральних добрив 142  
*Науково-дослідний інститут мінеральних добрив і пігментів Сумського державного університету, м. Суми*
- Яковенко М. І., Шабатура О. В.** Інтегральна оцінка радону у відкритих природних джерелах Білоцерківського родовища 143  
*Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ*
- Чоботько І.І.** Екологоорієнтовані технології контролю за станом горіння відходів вуглевидобувних підприємств 145  
*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро*
- Виноградов-Салтиков В.А., Ряго В.В.** Використання моделювання для оцінки стану ефективності будівель та впровадження альтернативних джерел енергії 147  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Денисов О. І., Денисов Ю.О., Березняк А. М., Бурсала О. О., Кушніренко О.В.** Адаптивний регулятор контуру швидкості однократноінтегруючої системи електроприводу для запуску газотурбінного двигуна вертольота ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів 149
- Собчук Д.С.** Дослідження надійності розподільних електричних мереж з відновлювальними джерелами 150  
*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*
- Добровольська Л.Н.** Аналіз шляхів вирішення енергетичної безпеки України 152  
*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*
- Куць Н.Г.** Дослідження транспортної енергетичної та екологічної безпеки 153  
*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*
- Хохотва О.П.** Очистка промислових вод систем оборотного водопостачання від іонів важких металів композиційним сорбентом у присутності солей кальцію 155  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Шульга Ю.І.** Використання нетрадиційних джерел енергії в сільському господарстві 157  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*

**СЕКЦІЯ 8**  
**ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОМП'ЮТЕРНА**  
**ІНЖЕНЕРІЯ. КІБЕРБЕЗПЕКА. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ**  
**СИСТЕМИ.**

- Zaritskyi O.V.** Structural model of human intelligence and the limits of artificial intelligence realization in information systems 159  
*National Aviation University, Kyiv*
- Kuzovik V.D., Melnikov O.V., Bezvershniuk K.O.** Analysis of modern methods for estimating the brain level of brain tires of operators of extreme activities 161  
*National Aviation University, Kyiv*
- Стригун В.В., Барвінок Р.Д., Білоус О.В., Павлюк Т.В.** Обґрунтування загальних вимог до телекомунікаційного обладнання радарних систем траєкторних вимірювань 163  
*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Терлецький Т.В., Кайдик О.Л., Пташенчук В.В.** Вплив роздільної здатності відеокамери на виконання критеріїв вирішення оперативних задач 164  
*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*
- Хращевський Р.В., Іванець О.Б., Горський О.М.** Особливості розробки математичної моделі прогнозування виникнення небезпечної події в авіації 166  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Трофименко М.С.** Розробка колісного мобільного роботу 167  
*Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Корнієнко І.В.<sup>1</sup>, Руденко О.В.<sup>2</sup>, Кравченко В.С.<sup>2</sup>** Автоматизація процесів розробки програм і методик випробування 169  
<sup>1</sup>*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*  
<sup>2</sup>*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Корнієнко І.В.<sup>1</sup>, Камак Д.О.<sup>2</sup>, Доманов І.О.<sup>2</sup>** Функціональна наповненість геоінформаційної компоненти інформаційної системи супроводження випробувань 170  
<sup>1</sup>*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*  
<sup>2</sup>*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Пилипенко О.І., Кохан В.В., Вусатий Ю.П., Журахов О.В., Сиворакша Д.В.** Інформаційно-вимірювальні системи контролю відпрацювання втомного ресурсу вертольотних редукторів 171  
*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Корнієнко С.П.<sup>1</sup>, Шевага В.В.<sup>2</sup>, Казначей С.М.<sup>2</sup>** Етапність створення інформаційної системи супроводження випробувань 173  
<sup>1</sup>*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*  
<sup>2</sup>*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Корнієнко С.П.<sup>1</sup>, Жирна О.В.<sup>2</sup>, Телевна Т.П.<sup>2</sup>** Спосіб оцінювання пов'язаності інформаційних потоків у складних системах 174  
<sup>1</sup>*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*  
<sup>2</sup>*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Артикула А.Г., Ветошкіш О.Г., Феськов О.С.** Створення новітніх інформаційних технологій науково-технічного супроводження для автоматизованої системи управління випробуваннями озброєння та військової техніки 175  
*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*

- Герасимов С.В.<sup>1</sup>, Гаценко Л.В.<sup>2</sup>** Моделювання генерації сигналів спеціальної форми для контролю технічного стану радіоелектронного обладнання 176  
<sup>1</sup> Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків  
<sup>2</sup> Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ,
- Іохов О.Ю., Тимченко С.Ю.** Моделювання контролю технічного стану зразків спеціальної техніки 177  
 Національна академія Національної гвардії України, м. Харків
- Поліщук В.В.<sup>1</sup>, Бутенко Я.О.<sup>1</sup>, Салюк А.Ф.<sup>1</sup>, Жовтоног О.І.<sup>2</sup>** Забезпечення якості прийняття рішень у зрошенні за рахунок впровадження інформаційних систем 178  
<sup>1</sup> Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ  
<sup>2</sup> ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку, НАН України», м. Київ
- Пастернак В.В.** Еволюція розвитку інформаційних систем та технологій 180  
 Луцький національний технічний університет, м. Луцьк
- Кукобко С.В.<sup>1</sup>, Рощупкін Є.С.<sup>2</sup>** Моделювання системи технічного обслуговування безпілотних літальних апаратів 181  
<sup>1</sup> ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів  
<sup>2</sup> Харківський національний університет повітряних сил, м. Харків
- Тарасенко Ю.С., Клим В.Ю., Савченко Ю.В.** Кіберфізичні можливості щодо забезпечення захисту об'єктів критичної інфраструктури 182  
 Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро
- Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О.** Оцінка якості вершкового масла на основі карт Кохонена, 184  
 Державний торговельно-економічний університет, м. Київ
- Корзун І.М., Павлов О.А.** Методи та програмні засоби виявлення пошкоджених даних при скануванні зображень оптичними сенсорами 185  
 Національний технічний університет України «КПІ ім. ІгоряСікорського», м. Київ
- Морозова І.В., Корчан В.М.** Інноваційні методи ідентифікації захисту пристроїв інтернету речей 187  
 Національний авіаційний університет, м. Київ
- Козир А.Г., Зройчиков Д.В., Шабанов Д.М.** Оцінка алгоритмів діяльності членів екіпажу повітряного судна методом побудови циклограми 188  
 ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів
- Трофименко С.І., Соболев В.В., Козак С.В.** Впровадження концепції модульної побудови наземних роботизованих комплексів (систем) військового призначення 189  
 ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів
- Рудніченко С.В., Геращенко М.М., Саутін О.О.** Можливості дослідження стадій протікання процесів під час випробувань 190  
 ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів
- Ільєнко В.М., Солодчук М.О.** Огляд розвитку системи супутникового зв'язку Збройних сил України 191  
 ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів
- Андрієнко О.В.<sup>1</sup>, Чередніков О.М.<sup>1</sup>, Каламурза О.Г.<sup>1</sup>, Гдовін П.О.<sup>2</sup>** Алгоритм ергономічної оцінки дослідних зразків льотно-технічного обмундирування 193  
<sup>1</sup> ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів  
<sup>2</sup> Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків

|                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Монченко О.В., Мовчан Н.С.</b> Модифікація структури апарату для дарсонвалізації                                                                                                                                     | 195 |
| <i>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>                                                                                                                                                                     |     |
| <b>Рзаєва С.Л.<sup>1</sup>, Рзаєв Д.О.<sup>2</sup>, Ковальова Л.І.<sup>1</sup></b> Проектування архітектури інформаційної системи управління технічним обслуговуванням підприємства                                     | 197 |
| <sup>1</sup> <i>Державний торговельно-економічний університет, м. Київ</i>                                                                                                                                              |     |
| <sup>2</sup> <i>Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана, м. Київ</i>                                                                                                                             |     |
| <b>Харченко О.А., Степашкіна К.В.</b> Прогнозування показників успішності ЗВО з використанням нейромережних систем                                                                                                      | 199 |
| <i>Державний торговельно-економічний університет», м. Київ</i>                                                                                                                                                          |     |
| <b>Розломій І.О., Науменко С.В.</b> Методологія використання матричних решіток Кардано для комплексних систем захисту інформації                                                                                        | 201 |
| <i>Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, м. Черкаси</i>                                                                                                                                             |     |
| <b>Кузовик В.Д., Безвершнюк К.О., Руденко Д.Б.</b> Апаратно-програмний комплекс оцінювання стану серцево-судинної системи                                                                                               | 202 |
| <i>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>                                                                                                                                                                     |     |
| <b>Дарницький Ю.В., Зозуля Л.А., Сліднікова О.С.,</b> Аналіз приладів вимірювання дульної швидкості                                                                                                                     | 204 |
| <i>ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів</i>                                                                                                                                     |     |
| <b>Шабала Є.Є., Ключєва В.В.</b> Тенденції розвитку інтелектуальних відеотехнологій під час пандемії COVID-19                                                                                                           | 205 |
| <i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>                                                                                                                                            |     |
| <b>Архирей М.В., Буриченко М.Ю.</b> Особливості обробки сигналів від біологічних систем                                                                                                                                 | 207 |
| <i>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>                                                                                                                                                                     |     |
| <b>Фешанич Л.І.</b> Застосування методу фазових траєкторій для системи раннього виявлення відхилень процесу роботи газоперекачувальних агрегатів                                                                        | 208 |
| <i>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Ів.Франківськ</i>                                                                                                                             |     |
| <b>Аркушенко П.Л., Андрушко М.В., Шейн І.В., Кузьміч О.Є.</b> Обґрунтування необхідності застосування сучасних інформаційно-вимірювальних систем для підвищення якості проведення випробувань складних технічних систем | 209 |
| <i>ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів</i>                                                                                                                                     |     |
| <b>Курдеча В.В., Ткаченко В.М.</b> Аналіз проблем інтернету речей при побудові мережі                                                                                                                                   | 210 |
| <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>                                                                                                                                      |     |
| <b>Харченко О.А., Яремич В.Р.</b> Сучасні тенденції розвитку електронної комерції                                                                                                                                       | 212 |
| <i>Державний торговельно-економічний університет, м. Київ</i>                                                                                                                                                           |     |
| <b>Бурбан О.В.<sup>1</sup>, Поліщук М.М.<sup>2</sup></b> Дослідження роботи систем автоматичного вмикання світла із звуковим керуванням                                                                                 | 213 |
| <sup>1</sup> <i>Волинський фаховий коледж Національного університету харчових технологій, м. Луцьк</i>                                                                                                                  |     |
| <sup>2</sup> <i>Луцький національний технічний університет, м. Луцьк</i>                                                                                                                                                |     |
| <b>Подопригора А.А., Михайлуца О.М.</b> Створення тривимірної моделі за допомогою програмного пакету BLENDER                                                                                                            | 214 |
| <i>Запорізький національний університет, м. Запоріжжя</i>                                                                                                                                                               |     |
| <b>Зубенко С.С., Віршило І.В.</b> Моделі організації структури та збереження геопросторових даних                                                                                                                       | 216 |
| <i>Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ</i>                                                                                                                                                  |     |

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Квашук Д.М.</b> Застосування операційних підсилювачів в приладах для вимірювання обертальних моментів                                          | 218 |
| <i>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>                                                                                               |     |
| <b>Смілянець Ф.А., Фіногенов О.Д.</b> Огляд методів ідентифікації захворювань на основі знімків комп'ютерної томографії                           | 220 |
| <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>                                                                |     |
| <b>Джала Р.М., Вербенець Б.Я., Джала В.Р.</b> Технологія комплексних обстежень підземних трубопроводів                                            | 222 |
| <i>Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів</i>                                                                         |     |
| <b>Катаєва М.О.<sup>1</sup>, Ігнатенко П. Л.<sup>2</sup></b> Розробка методу вимірювання параметрів рельєфу нанооб'єктів                          | 223 |
| <sup>1</sup> <i>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>                                                                                  |     |
| <sup>2</sup> <i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                              |     |
| <b>Криворучко О.В., Вікторов В.В.</b> Управління розгортанням та випуском сучасних інформаційно-аналітичних систем                                | 225 |
| <i>Державний торговельно-економічний університет, м. Київ</i>                                                                                     |     |
| <b>Криворучко О.В., Десятко А. М., Захаров Р.Г.</b> Моделювання процесу формування компетентностей ІТ-фахівців                                    | 227 |
| <i>Державний торговельно-економічний університет, м. Київ</i>                                                                                     |     |
| <b>Кучеренко В.Л.<sup>1</sup>, Хірс І.І.<sup>2</sup></b> Прогнозування відмов як фактор ефективності технічної експлуатації медичної техніки      | 228 |
| <sup>1</sup> <i>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>                                                                                  |     |
| <sup>2</sup> <i>АТ «Укртелеком», м. Київ</i>                                                                                                      |     |
| <b>Палагута К.О.</b> Використання XML-технологій для формування звітності суб'єктів господарювання України                                        | 229 |
| <i>Державний торговельно-економічний університет, м. Київ</i>                                                                                     |     |
| <b>Фролова Н.Є.<sup>1</sup>, Михальчук І.І.<sup>2</sup>, Кущевський Д.Р.<sup>1</sup></b> Система контролю доступу на базі UWB технології          | 231 |
| <sup>1</sup> <i>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>                                                                                  |     |
| <sup>2</sup> <i>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ</i>                                                             |     |
| <b>Павленко П.М., Тетерін С.О., Лучков В.Ф., Захарчук Т.М.</b> Інтелектуальна технологія автоматизації задач андеррайтингу страхової організації. | 232 |
| <i>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>                                                                                               |     |
| <b>Кондратюк С.С.</b> Забезпечення безпеки систем електронного документообігу                                                                     | 233 |
| <i>Київський державний торговельно-економічний університет, м. Київ</i>                                                                           |     |

## СЕКЦІЯ 9

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

|                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Voitenko O.A., Mitiuk L.O., Polukarov Yu.O., Kachynska N.F.</b> Analysis of the signs of the use of chemical weapons                                                                                                           | 236 |
| <i>National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv</i>                                                                                                                                   |     |
| <b>Холодний Р.В., Гайдак І.Г.</b> Деякі питання щодо визначення вартості етапів життєвого циклу озброєння та військової техніки на стадії розроблення ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння і військової техніки, м. Чернігів | 237 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Лаппо І.М., Приходько С.М., Авраменко В.М.</b> Основні аспекти забезпечення якості проведення випробувань зразків бронетанкової та автомобільної техніки ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння і військової техніки, м. Чернігів                                                                                                                   | 238 |
| <b>Кузовик В.Д., Ковальчук В.І.</b> Порівняльний аналіз результатів виживання ниркового транспланту для ряду країн<br><i>Національний авіаційний університет, м. Київ</i>                                                                                                                                                                                 | 239 |
| <b>Шишкін В.М., Ромашко А.С., Кравець О.М., Гаврушкевич Н.В.</b> Оцінка відповідності продукції в Україні<br><i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>                                                                                                                                                           | 240 |
| <b>Ромашко А.С., Шишкін В.М., Кравець О.М., Гаврушкевич Н.В.</b> Компетенції фахівця з технічною освітою в курсі «Оцінка відповідності продукції машинобудування та системи управління якістю»<br><i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>                                                                      | 242 |
| <b>Ємельянова О.М., Титок В.В.</b> Значення контролінгу в управлінні будівельною організацією<br><i>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ</i>                                                                                                                                                                             | 244 |
| <b>Присяжний В.В., Литвиненко В.М.</b> Удосконалення держаної кадрової політики в Збройних Силах України<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                                                                                                                                       | 246 |
| <b>Пекур Д.Л., Литвиненко В.М.</b> Роль соціально-психологічних методів в управлінні персоналом<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                                                                                                                                                | 248 |
| <b>Сторожук В.М., Ференц О.Б., Сомар Г.В., Соколовський І.А.</b> Декларування спроможності підприємства експлуатувати транспортно-технологічне устаткування<br><i>Національний лісотехнічний університет України, м. Львів</i>                                                                                                                            | 250 |
| <b>Карпова І.Г.</b> Деякі аспекти викладання “громадянської освіти” у закладах вищої освіти України<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                                                                                                                                            | 252 |
| <b>Древаль Ю.Д.<sup>1</sup>, Резніченко Г.М.<sup>1</sup>, Мітюк Л.О.<sup>2</sup></b> Сутність та особливості формування культури охорони праці в закладах освіти<br><sup>1</sup> <i>Національний університет цивільного захисту України, м. Харків</i><br><sup>2</sup> <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i> | 254 |
| <b>Букатіна В.О., Шестак Л.В.</b> Проблемні питання строків розгляду справ, пов’язаних з корупцією<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                                                                                                                                             | 255 |
| <b>Барабаш А.Г., Сурай А.О.</b> Правове регулювання стягнення аліментів у міжнародному приватному праві<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                                                                                                                                        | 258 |
| <b>Москаленко В.В.</b> Ідентичність особистості як соціально-психологічний фактор забезпечення послідовності поведінки у змінній ситуації (структурно-функціональний підхід)<br><i>Інститут психології імені Г.С. Костюка НАПН України, м. Київ</i>                                                                                                       | 260 |
| <b>Ліксман В.Ю., Козинець О.Г.</b> Реформи Карла Мартелла та їх вплив на формування ранньофеодального суспільства<br><i>Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів</i>                                                                                                                                                              | 261 |

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

UDC 669.18

**Mammadov Arif, Doc. Tech. Sciences, professor**  
**İsmailov Nizami, Doc. Tech. Sciences, professor**  
**Huseynov Mukhtar, Ph. D., assoc. professor**  
Azerbaijan Technical University, Baku, [nizism@mail.ru](mailto:nizism@mail.ru)  
**Guliyev Faiq, Ph. D., assoc. professor**  
“Baku Steel Company” LLC

### STRUCTURAL CHANGES IN THERMAL HARDENING OF CONSTRUCTION REINFORCING STEELS

**Annotation.** Heat treatment of building fittings was carried out immediately after rolling to improve the physical and mechanical properties of steels obtained by smelting in the electric arc of the charge furnace using metal waste. The use of low-carbon and low-alloy steels with thoroughly high manufacturability and weldability is recommended. It has been determined that high requirements can be achieved by joint deformation and heat treatment. At the same time, a hardening heat treatment effect is achieved by heating due to the heat of rolling.

It is known that the requirements for the strength properties of structural reinforcing steels are being tightened day by day. At present, the main directions of increasing the strength of construction steels are known. Reinforcement is achieved by increasing the density of dislocations, creating solid solutions in the structure, breaking up the size of the grains and creating dispersed particles of the second phase (for example, by alloying) [1, 2]. Another way to increase strength is to alloy steel. The effect of alloying is manifested in the crushing of grains, the formation of solid solutions, dispersion hardening. The complex effect of alloying ensures the formation of a somewhat reinforced structure: part of the alloying element forms a solid solution in ferrite, ferrite is strengthened due to the difference in size of the atoms of iron and alloying elements [3,4].

Another way to increase the strength of structural reinforcing steels is a dispers reinforcement mechanism. In this case, the increase in the fluidity limit of steel depends on the number, size, distribution nature of the dispersed particles and the distance between them. The listed reinforcement mechanisms of construction reinforcing steels are carried out during rolling and thermomechanical processing. Thermomechanical treatment (TMT) is also an effective method of strengthening steel, which involves annealing the metal during plastic deformation in the case of austenite [5].

The spreading of reinforcing steels and then the subsequent heat treatment can be called high thermomechanical processing (HTMP). The purpose of HTMP is to obtain a non-recrystallized saturated solid solution after hot plastic deformation during the rolling process and immediately after annealing. High mechanical properties are formed as a result of stratification carried out after tabulation. Additional reinforcement during HTMP is provided at virtually constant plasticity values.

Thus, during the rolling process during HTMP, austenite is deformed in a thermally stable zone, then annealed, and after annealing is subjected to high stratification. Meeting the requirements for the strength properties of structural reinforcing steels, including increasing strength, improving cold resistance is important for reinforced concrete structures. These properties can be provided by low alloying of the steel and then thermal strengthening. For this purpose, methodical furnaces are widely used in modern processing shops for rolling of fittings.

The methodical furnace currently used in Baku Steel Company LLC is a 3-zone thermal furnace. The temperature in the first zone is 500-1000°C, in the high temperature zone 1200-1250°C, and in the long-term heating zone it is 50-100°C higher than the temperature required for processing. The fact that the metal coming out of the furnace is in the range of 1250-1350°C for rolling allows the rolling process to go better.

Thus, thermal reinforcement can be considered the most effective technology to increase the strength properties of low-carbon and low-alloy structural reinforcing steels. Thus, after the rolling operation, the steel is rapidly cooled directly in the form of austenite, resulting in a low-temperature decomposition structure of austenite, unlike conventional steel.

During thermal hardening, the decomposition temperature of austenite drops, resulting in a slight delay in the separation of extreme ferrite and the formation of dispersed perlite (sometimes bainite). Here, a small thickness of martensite structure can be obtained on the surface of steel plates. However, since the initial temperature of martensite conversion ( $M_b = 400-450^\circ\text{C}$ , 0.2% - C) is high in these steels, the resulting martensite structure is self-leveling due to the internal heat of the spread. In other words, the surface temperature of rapidly cooled slabs is then equalized by the heat in the inner layers, and the resulting reinforced structure is self-leveling. Thus, no additional stratification is required for the armature bearings and energy is saved.

As noted, the thinning of only a thin surface layer of steels during thermal hardening is explained by the low stability of the supercooled austenite and the high rate of crushing of the coating (500-1000°C/sec.). The free ferrite formed during thermal hardening is distributed around and inside the grains in the form of thin layers in the form of needles. Such a structure leads to a 1.3-1.5 fold increase in mechanical properties and a decrease in the incidence of colds. This saves 15-60% of metal in construction, increasing the reliability of welded structures. The temperature of the armature in the inlet zone is in the range of 980-1080°C, and in the outlet zone in the range of 580-650°C depending on the required mechanical properties.

A 500 fold increase in the unstructured and annealed microstructure of HTMP former low-carbon reinforcement steel shows that the microstructure of the reinforcement consists of troostite-sorbitol. Such a structure is obtained only after tabulation in HTMP and high-temperature (580-620°C) stratification due to the heat of the spread. Thus, our research has shown that the effect of HTMP on the cooling rate, which can provide a martensite structure in low-carbon low-alloy steels, is observed when the final rolling temperature is up to 1070°C. As this temperature decreases, the effect of TMT increases.

**Conclusion.** The application of thermomechanical processing in the production of fittings from low-carbon and low-alloy steels is more effective. In this case, it is possible to increase the flow rate of steel up to 1000 MPa. In building structures, this characteristic is in the range of 500 MPa, it is possible to exceed this figure twice. The advantage of annealing due to the rolling temperature is that it uses the rolling heat without reheating the reinforcing steel. This saves a lot of energy needed to reheat steel.

*This work was carried out with the financial support of the Science Development Fund under the President of the Republic Azerbaijan: Grant №EIF-MQM-ETS-2020-1(35)-08/02/1-M-02.*

### References

1. Karimov R.I. Deformation of sulfide inclusions of low-carbon and low-alloy carbon steels and study of the effect of rolling temperature on them. / Karimov R.I., Huseynov M.Ch., Guliyev F.T., Hamidova A.I. // Materials of the International Scientific-Technical Conference, Baku, 2017, November 28-30. – pp.34-36.
2. Namazov S.N. Development of heat treatment mode of bimetallic shafts used in rolling production. / Namazov S.N., Karimov R.I., Guliyev F.T. // Materials of the International Scientific-Technical Conference, Baku, 2017, November 28-30. – pp.47-48.
3. Mammadov A.T. The role of electric alloys in the production of construction fittings / Mammadov A.T., Bayramov A.T., Khankishiyev I.A. // Scientific works of ADDA. – 2019. – № 2 (30). – pp.39-44.

4. Karimov R.I. Improving steel melting intensity in the process of electro-smelting from waste and pellets. / Karimov R.I. // Eastern-European journal of enterprise technologies. ISSN 1729-3774. – 3/1 (99) – 2019. – pp.35-42.

5. Karimov R.I. Features of removal of Phosphorus and sulfur from remelting stock during electric arc melting of steel. / Karimov R.I.// International Journal of Control and Automation. – 2020. – Vol. 13. – №1. – pp.137-159.

UDC 669.18

**Mammadov Arif, Doc. Tech. Sciences, professor,**  
**İsmailov Nizami, Doc. Tech. Sciences, professor,**  
**Huseynov Mukhtar, Ph. D., assoc. professor,**  
Azerbaijan Technical University, Baku, [nizism@mail.ru](mailto:nizism@mail.ru)  
**Guliyev Faiq, Ph. D., assoc. professor,**  
“Baku Steel Company” LLC

### SOME ASPECTS OF MODELING OF THE STEEL-MAKING PROCESS

**Annotation.** The article discusses some aspects of the electric steel making process. It is shown that the production of electric steel mainly consists of three units - preparation of the charge, melting and pouring of the liquid became. At the same time, in the mixed mathematical model there are equations of both functional and correlation coupling. This reflects the function of the deterministic-static model. It is shown that, depending on the installation of all these models, they can be used in electric steel making.

The production of electric steel is associated with complex physicochemical processes, and some of these processes are either difficult to control or impossible to control [1]. At present, all the physicochemical processes controlled in order to obtain the required chemical composition of electric steel can be divided into two main groups [2]: metal refining; deoxygenation and alloying of the metal.

Innovative metallurgical technologies require the control of electric steel melting processes based on accurate calculations, which is possible through mathematical modeling of these processes. Mathematical modeling allows: first, to successfully solve different types of problems without conducting production experiments; second, to ensure optimal regimes of alloys under specific production conditions [2, 3].

The mathematical model of the process of electric steel making is a system of equations that connects the factors influencing this process with its parameters [3]. The mathematical model of the solution serves as a prerequisite for creating an algorithm for the process. By this is meant the sequence of calculations to be performed, which allows for a complete and accurate description of the calculation process. The algorithm of the solution is usually slightly broader than the mathematical model, because it can contain not only mathematical notation, but also logical conditions and other elements [4, 5].

Several complete and incomplete mathematical models differing in the scope of the parameters; due to the ability to take into account changes in parameters over time - static and dynamic; It is possible to compile statistical, deterministic and mixed types according to the method of compilation. At present, the physical and chemical bases of electric steel production processes are well studied. That is, the theoretical data obtained allow to establish a functional relationship between the final values of the main parameters of the smelting process and most of the factors that significantly affect them.

Thus, in our opinion, using the thermodynamic data of electropolarization, it is possible to create reliable statistical mathematical models consisting of equations expressing functional relationships with maximum limitation of regression equations [6].

Using the capabilities of mathematical modeling, let's determine the amount of poses formed in the process of melting electric steel. It is known that posa is a component that has a significant impact on the quality of molten steel, the profitability of the smelting process, the environment and other parameters such as waste.

Usually, in an electric arc furnace, steelmaking is carried out by the main process. Therefore, in the main process, it is important to determine the amount of posa. On the one hand, the main posa plays an important role in the removal of harmful additives, on the other hand, it can contaminate the liquid metal. Therefore, it is important to determine the amount of poses formed in the electric steel as a whole or in certain melting cycles.

In the initial stage of the process in electric steel smelting, the amount of iron oxides in the pose depends mainly on the temperature and is usually 25-35%. To determine the melting regime, it is necessary to know the amount of initial poses formed at the very beginning of the process. In this case, most of the information about the parameters of the solution is still unknown. Therefore, it is not possible to use the above formulas to determine the amount of posa at the initial stage of the process.

Calculations usually provide information on the composition of the metal scrap used in electric steelmaking. The porosity of the pose B, the amount of silicon oxide coming from other sources, as well as the amount of  $\text{SiO}_2$  in the pose can be taken in the range of variations we encounter in practice.

Thus, by combining mathematical models of individual smelting cycles, it is possible to determine other parameters of the smelter as a whole, including the residual amount of additives in the metal, select specific variants of the posa mode of individual processes, calculate the consumption of various process additives and then make necessary adjustments.

**Conclusion.** Thus, in general, the creation of a mathematical model of melting processes of electric steel implies the following: to decompose the melting process within the limits of each period; to mathematically describe each elementary process; write a mathematical model by composing parameters and elementary processes controlled on the basis of equations of material and heat balances; to obtain a mathematical model of the solution as a whole by combining mathematical models of different periods. Thus, as an integral part of the mathematical model of melting, an analytical model has been proposed to calculate the amount of poses formed in the process of melting electric steel.

*This work was carried out with the financial support of the Science Development Fund under the President of the Republic Azerbaijan: Grant №EIF-MQM-ETS-2020-1(35)-08/02/1-M-02.*

### References

1. Processes and machines of electrometallurgical production. Monograph / [S.R.Rakhmanov, V.L.Topolov, M.I.Gasik, A.T.Mamedov, A.A.Azimov.] – Baku-Dnepr: System Technologies, Sabah Publishing House. – 2017. – 568 p.
2. Gorobets V.G. Steel production in an arc furnace. / V.G. Gorobets, M.N.Gavrilova. – Moscow: Metallurgy, 2016. – 208 p.
3. Kudrin V.A. Theory and technology of steel production: A textbook for universities. / V.A. Kudrin – M.: Mir, AST Publishing House, 2013. – 528 p.
4. Bigeyev A.M. Mathematical description and calculations of steel making processes. Textbook for universities. / A.M.Bigeyev. – Moscow: Metallurgy, 2002. – 160 p.
5. Bigeyev A.M. Calculations of open-hearth melts. / A.M.Bigeyev. – Moscow: Metallurgy, 2016. – 387 p.
6. Bigeyev A.M. Fundamentals of mathematical description and calculations of oxygen-converter processes. / A.M.Bigeyev, Y.A. Kolesnikov. – Moscow: Metallurgy, 1986. – 229 p.

UDC 620.19:620.17

**Zvirko O. I., Doc. Tech. Sciences, professor**  
**Tsyrlunyk O. I., Doc. Tech. Sciences, Senior Researcher**  
**Voloshyn V. A., Ph.D.**  
**Kurylas M. S., Engineer**  
**Kurnat I. M., Chief Engineer**

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv, [olha.zvirko@gmail.com](mailto:olha.zvirko@gmail.com)

## **PECULIARITIES OF OPERATIONAL EMBRITTLEMENT AND FRACTURE OF STRUCTURAL STEELS UNDER HYDROGEN INFLUENCE**

Nowadays, degradation of long-term operated structural steels is one of the main issues facing engineering [1–3]. The paper systematizes the structural, mechanical and electrochemical signs of operational degradation of structural steels, as well as the main stages of degradation: deformation aging and development of dissipated damaging in a metal bulk at nano- and micro-scale.

Operational degradation of steels implies changes in the microstructure, nano- and micromechanism of fracture and deterioration of their mechanical and electrochemical properties. The problem is especially important at assessing the current state of critical steel structures operated under the combined action of mechanical loading and corrosive environments, since hydrogen charging of steels under operation due to electrochemical corrosion plays an important role in their degradation.

The most important characteristic feature of the operational degradation of steels is the significant reduction of their brittle fracture resistance, namely fracture toughness and impact strength. This leads to increasing a failure risk of long-term operated steel structures. Therefore, deterioration of brittle fracture resistance under long-term operation should be considered as a particular important factor in ensuring their structural integrity. Moreover, interaction of a metal with corrosive and hydrogenating environments under operation leads to further increase failure risk not only because of acceleration of crack propagation, but also because of intensification of material degradation as a result of its hydrogen charging during long-term operation. In such circumstances, continuing damage accumulation is induced and driven by combined working loads and hydrogen, which consequently leads to deterioration of mechanical behaviour.

For assessment of in-service degradation of long-term operated steels, very important is seeking physical and mechanical parameters which are sensitive to changes in a metal, and on the basis of which it is possible to quantitatively evaluate its current state. These include, first of all, the widely used mechanical characteristics of brittle fracture resistance, namely impact toughness, fracture toughness, fatigue and corrosion fatigue crack growth resistance, and resistance to stress corrosion cracking and hydrogen embrittlement.

### **References**

1. Zvirko O. I. In-service degradation of structural steels (A survey) // Materials Science. – 2021. – Vol. 57. – P. 319–330. <https://doi.org/10.1007/s11003-021-00547-w>.
2. Zvirko O., Tsyrlunyk O. Non-destructive electrochemical evaluation of pipeline degradation // In: Bolzon G., Gabetta G., Nykyforchyn H. (eds) Degradation Assessment and Failure Prevention of Pipeline Systems. – Lecture Notes in Civil Engineering. – 2021. – Vol 102. – Springer, Cham. – P. 31–44. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58073-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58073-5_3)
3. Zvirko O., Tsyrlunyk O., Nykyforchyn H. Non-destructive evaluation of operated pipeline steels state taking into account their degradation stage // Procedia Structural Integrity. – 2020. – Vol. 26. – P. 219–224. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.06.025>

UDC 621.875: 620.187

Semenov P.O., Ph.D.,  
Nesterov O.A., Ph.D student,  
Odessa National Maritime University, [p.a.semenoff@gmail.com](mailto:p.a.semenoff@gmail.com)  
Hredil M.I., Ph.D.,  
Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv, [mysya.lviv@gmail.com](mailto:mysya.lviv@gmail.com)

## MATERIALS SCIENCE ASPECTS OF IN-SERVICE REDUCTION IN BRITTLE FRACTURE RESISTANCE OF METAL STRUCTURES OF SEA PORT CRANES

Structural steels of sea port cranes are operated under intensive cyclic loading that leads to degradation of their initial mechanical properties [1], and the characteristics of brittle fracture resistance decrease most [2]. This research presents the results of mechanical testing of excessively operated low-carbon sheet steel St3sp commonly used for metal structures of handling equipment in seaports. Strength, plasticity and impact toughness of this steel have been examined. Specimens with V-shaped notch for Charpy impact testing were cut out from steel sheets in both longitudinal and transversal directions relative to the rolling direction.

It was established that long-term operation insignificantly affected the steel strength and somewhat decreased its plasticity. The resistance to brittle fracture, namely, impact toughness, was confirmed to be most sensitive to in-service changes in steel. In particular, this parameter for similar steels dropped up to 5 times after their long-term operation [3], and its value significantly depended on the specimen's orientation. It is especially evident when using transversal specimens where the fracture plane is parallel to the rolling direction and thus to the steel texture. Metallographic studies (see Fig. 1) allowed concluding that the operated metal is susceptible to delaminations along the texture layers that facilitated the fracture in this direction. The delaminations occurred due to cohesion weakening between the fibres of texture and elongated inclusions in steel during its long-term operation.

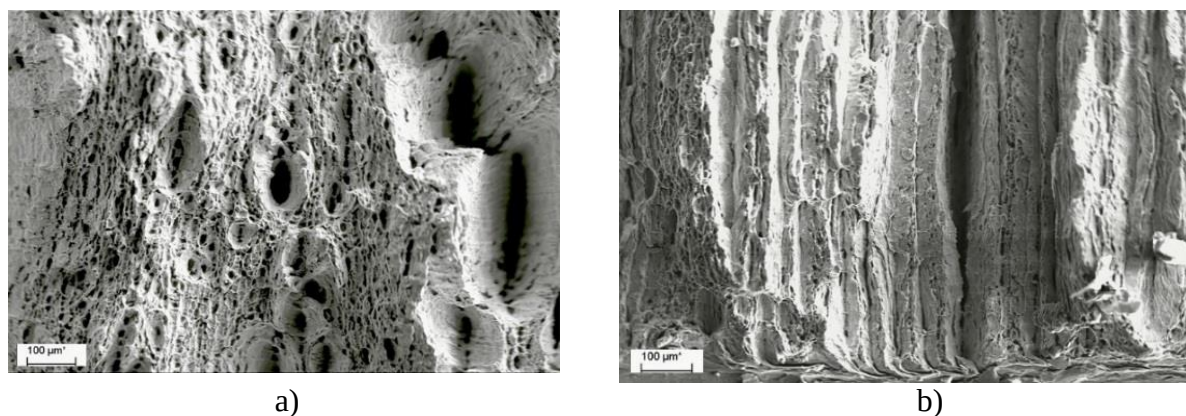


Fig. 1 – Fracture surfaces of Charpy specimens after impact testing cut out from the element of the operated reloader, and oriented longitudinally (a) and transversally (b) to the rolling direction of the steel sheet.

### References

1. Nemchuk, O. Role of in-service conditions in operational degradation of mechanical properties of portal cranes steel [Text] / O. Nemchuk, M. Hredil, V. Pustovoy, O. Nesterov // Procedia Structural Integrity. – 2019. – 16. – P. 245–251.
2. Nemchuk, O. O. In-service brittle fracture resistance degradation of steel in a ship-to-shore portal crane [Text] / O. O. Nemchuk, O. A. Nesterov // Strength of Materials. – 2020. – 52. – № 2. – P. 275–280.
3. Пустовий, В. М. Деградація сталей наднормативно експлуатованого перевантажувального обладнання [Текст] / В. М. Пустовий, П. О. Семенов, О. О. Немчук [та ін.] // Фіз-хім. механіка матеріалів. – 2021. – № 5. – С. 38–45.

UDC 621.762.2

**Halchuk T.N., Ph.D., Associate Professor**  
Lutsk National Technical University, [t.halchuk@lnu.edu.ua](mailto:t.halchuk@lnu.edu.ua)

### OPTIMIZATION OF PROCESSES GRINDING OF METAL POWDERS

The process of grinding consists in the destruction of solids by a series of mechanical influences. The process is influenced by various factors related to the properties of the material that is destroyed, the type of energy applied, the parameters of the grinder used. The end result of grinding depends mainly on the applied energy.

We now know several experimentally established laws, each of which is valid only in the field of relatively coarse dispersion. For a mathematical description of the particle size distribution, grinding products, many authors have proposed mathematical dependencies that cannot be universal.

The purpose of the robot is to build the mathematical model closest to the real process of grinding. This model will allow: to determine the optimal modes of operation of the ball mill; to predict the characteristics of the grinding products according to the known characteristics of the source material and the modes of operation of the mill. It is of interest to follow by research the change in the crushed residue depending on its amount in the mill.

Grinding is one of the main technological processes for the utilization of grinding sludge [1]. The grinding operation is a process of mechanical destruction of SHH15 steel powder particles, designed to grind the original particles as much as possible and give them a regular shape. The regulation of the grinding cycle is reduced to ensuring the maximum productivity of the mill with a given particle size distribution of the grinding class.

The results of all subsequent processing of the product depend on the qualitative and quantitative indicators of grinding, first of all, such as formation, homogeneity of properties by volume, productivity of the process of obtaining finished products.

Therefore, the object of mathematical modeling is a ball mill together with the classification process. The following assumptions have been made in the simulation: the distribution of particles in the mill and on the control sieves is uniform over the entire surface; the efficiency of classification is a constant value and does not change over time.

The algorithm for solving the mathematical model includes the definition of: the differential equation that determines the kinetics of the grinding process and the equation of material balance by mass at the stage of classification. The starting material to be ground may consist exclusively of coarse grains or of a mixture of coarse grains and the finished product.

Due to the extreme complexity of the physical picture of the process in the mill, it is impossible to predict the quantitative change in the grinding of a large class for a particular material without experiment. Therefore, the powder was subjected to dry grinding at different times in a laboratory mill. After grinding, the powder was subjected to sieve analysis.

The results of the study were used to construct grinding kinetics curves with different grinding times, which determine the grinding time of each product to a certain residue. Also graphs that show the grinding kinetics of each of the classes. Quite good coincidences of calculated and experimental data are obtained [2].

### References

1. Rud' V.D., Gal'chuk T.N., Povstyanoy A.Yu. Using of waste of production bearings in powder Metallurgy // Powder Metallurgy. – 2005. – №1/2.–P.106-112.
2. Gal'chuk T.N., Rud' V.D. Kinetics of ball milling of powders obtained from the ball bearing the production of wastes // Powder Metallurgy.–2011. – №5/6.– P.20-26.

UDC:669.1

Shamsiyya İlham, phd degree student  
Azerbaijan Technical University, [shamsiyye.ilham@mail.ru](mailto:shamsiyye.ilham@mail.ru)

## PRIORITY AREAS OF FERROALLOYS PRODUCTION

In the production of ferroalloys, one of the major costs is the cost of raw materials. Both from an economic point of view, as well as an environmental point of view, full optimization of the raw materials is desired. In this regard, it is very important to choose the right production technology. The methods used in the production of ferroalloys depend on the type of reducer.

The article substantiates the growing role of ferroalloy production in the conditions of the formation of the modern stage of economic development neo-industrial analysis. The main trends in the development of ferroalloy production are identified, with the emphasis on the increasing concentration of production and the growth in consumption of ferroalloys, the special role of the mineral resource base as a factor.

The distinguishing feature of the modern stage of economic development requires a reconsideration of conceptual relations in the assessment of industrial potential formed in the second half of the twentieth century.

The current situation in the world is characterized by the presence of noncompetitive industries, low innovative activity and the rapid development of problems in the high-tech sector. In the context of modern global challenges, the search for new development factors and experience is characterized by the most effective use of competitive advantages in the world as a whole, as well as in individual regions.

On the eve of the industrial revolution that started in the 18<sup>th</sup> century, the development of mechanical engineering and other branches of heavy industry necessitated the development of the metallurgical industry. Since then, it has been known that industrial labor in the entire economy determines the increased rate of production [1].

Since the basis of the economy in our country is industry, great importance is attached to the development of this sector, especially the non-oil sector. One of the most important areas of economic activity in the non-oil sector is to increase the production of metal products, including ferroalloys, alloy steels and non-ferrous metal alloys, and meet the growing needs of the industry.

Ferroalloys are of particular importance for the production of ligatures, high-strength, high strength modified steels. Such steels stimulate the development of the most important areas of industrial production. It is essential for the manufacture of heavy-duty parts needed in the engineering, aerospace, defense and other industries. The need to meet high technical requirements for the structure and properties of metals and alloys requires the expansion of existing research and the development of new technologies for the production of metals and alloys.

The development of the metallurgical industry has led to the formation of iron and silicon wastes, which are widely used in this field. Therefore, in-depth scientific research is necessary to create technological properties.

The main raw materials for materials for the production of ferroalloys are ores or concentrates. The higher oxide content of the elements contained in the ore is used. Ferrotungsten, ferromolybdenum, ferrovanadium in the manufacture of alloys, high oxide element content enriches less mass and lower concentration [2].

Ferroalloys can be obtained by reducing the oxides of the corresponding metals. To obtain any alloy, it is necessary to select the appropriate lead element and create conditions for the processing of high-productivity raw materials. The lead element must be a more oxygen resistant chemical than the element that must be obtained from the oxide.

In other words, the precursor element must form a chemically stronger oxide. The process of oxide recovery is more effective if it occurs in the presence of iron or its oxides. Oxidation of the main element reduces the activation of iron and prevents further oxidation [3].

Analysis of the state of ferroalloy production in the world allows the following trends to emerge:

- Continuous increase in the volume and consumption of ferroalloys;
- Studies aimed at meeting the needs of the internal market;
- Reduction of raw material resources;
- Increasing the role of metallurgical technologies;
- Development of cooperation and integration processes;
- Creation of new production enterprises on the basis of industrial parks.

At present, a comparative analysis of various technological schemes of ferroalloy production has been carried out. This comparative analysis shows that slag and sludge produced by ferroalloys are important as raw materials in metallurgy. Therefore, of particular interest to metallurgy is ferroalloy slag. They contain a significant amount of valuable components used for purification and doping of iron-carbon alloys.

### References

1. Дашевский В.Я. Ферросплавы. Теория и технология / Дашевский В.Я. – М.: Металлургия, 2014, с. 18-33.
2. Ferro Alaşımların İstihsalı. Elektrometalürji (Çev. H.Erman Tulgar). Elyutin V.P., Yu.A., Pavlov, Levin B.E., Alekseev E.M., (1968) Cilt-1, İstanbul
3. International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design- 2019 s. 99-121.

UDC 621.723.6

**Sereda B.P., Dr. tech. Science, Professor**  
**Sereda D.B., Ph.D. Sciences, Associate Professor**  
**Bilozir I.V., graduate student**

Dnipro State Technical University, Kamyanske, [seredabp@ukr.net](mailto:seredabp@ukr.net)

### FORMATION OF MOLYBDENE COATINGS ON STEEL IN CONDITIONS OF SELF PROPAGATING HIGH TEMPERATURE SYNTHESIS

A promising way to obtain coatings with adjustable composition, structure and performance characteristics with limited or minimal time of their formation is the strengthening of steels with molybdenum coatings obtained in the conditions of self-propagating high-temperature synthesis (SHS). For the deposition of coatings, we used steels of mass purpose (st.20, st.45, U8). The treatment was carried out in open-type reactors in the thermal autoignition mode. Working temperature range 1000 ÷ 1300 °C, duration of isothermal holding - 120 min. Powders of oxides of chromium and aluminum, titanium, chromium, aluminum, technical purity, metallic iodine with a dispersion of 200-350 microns were used as reaction agents.

Characteristically, in the temperature range of 800–1600 K, the reaction products decompose during molybdenum, which is confirmed by the production of decomposition substances and a sharp increase in the number of gas moles. With increasing temperature there is an increase in the number of aluminum halides: AlH<sub>3</sub>, AlCl, AlCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>, AlI, AlI<sub>2</sub>, AlI<sub>3</sub> chromium: CrCl, CrCl<sub>2</sub>, CrCl<sub>3</sub>, CrI, CrI<sub>2</sub>, molybdenum: MoCl, MoCl<sub>2</sub>, MoI, MoI<sub>2</sub>, MoI<sub>3</sub>. During molybdenization of iron-carbon alloys under similar conditions, the surface zone of the samples was decarburized and the diffusion layer was a solid solution of molybdenum in α-iron. At saturation of steels of mass use in powder mixtures based on molybdenum and ferromolybdenum at 1100-1150 °C for 2 h, a diffusion layer is formed from a solid solution of molybdenum in α-iron (α-phase).

The thickness of the diffusion layer obtained at 1050 °C is about 150 μm. An increase in temperature to 1150-1300 °C leads (with slow cooling) to the formation of inclusions of the intermetallic Fe<sub>7</sub>Mo<sub>6</sub> in the α-phase.

On U8 steel, a diffusion layer with a surface zone carbide  $\text{Mo}_2\text{C}$  with microhardness 14000-15000 MPa, under which the  $\alpha$ -phase is located +  $\text{Mo}_2\text{C}$ , and below - a zone of an  $\alpha$ -solid solution of molybdenum in iron with a microhardness of 21500 ... 4000 MPa.

#### References

1. Sereda B.P., Bannikov L.P., Nesterenko S.V., Gaidaenko O.S., Kruglyak I.V., Sereda D.B. Surface hardening of materials working in the conditions of complex influence of aggressive substances: monograph.. Kamyanske: DSTU, 2019. 173 p. ISBN 978-966-175-185-8.
2. Sereda B., Belokon Y., Belokon K., Kruglyak I., Sereda D. Modeling of the processes of obtaining porous materials under SHS conditions. *Materials Science and Technology*. Portland, 2019. P. 1331–1335.

UDC 621.723.6

**Sereda B.P., Dr. tech. Science, Professor**  
**Sereda D.B., Ph.D. Sciences, Associate Professor**  
**Kiforuk D.M., graduate student**

Dnipro State Technical University, Kamyanske, [seredabp@ukr.net](mailto:seredabp@ukr.net)

### FORMATION OF WEAR-RESISTANT COATINGS ON CONSTRUCTION MATERIALS USING SELF PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS

Among the methods of surface hardening are widely used protective coatings based on titanium, obtained by various methods of surface modification. A promising way to obtain coatings with adjustable composition, structure and performance characteristics with limited or minimal time of their formation is the alloying of structural materials in the conditions of self-propagating high-temperature synthesis. The paper considers the production of multicomponent titanium coatings obtained under the conditions of self-propagating high-temperature synthesis. As a result of combustion of powder mixtures with the transport agent may form a gas phase containing compounds  $\text{I}_2$ ,  $\text{I}_3$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{F}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_3$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{F}$  with chemical elements. With increasing temperature there is an increase in the number of halides Gaseous products that interact with the elements of the powder system  $\text{Ti}$ ,  $\text{Cr}$  and are converted into the gas phase  $\text{AlI}$ ,  $\text{AlI}_2$ ,  $\text{AlI}_3$ ,  $\text{CrF}$ ,  $\text{CrF}_2$ ,  $\text{CrF}_3$ ,  $\text{CrI}$ ,  $\text{CrI}_2$ ,  $\text{CrI}_3$ ,  $\text{TiF}$ ,  $\text{TiF}_2$ ,  $\text{TiF}_3$ ,  $\text{TiI}$ ,  $\text{TiI}_2$ ,  $\text{TiI}_3$ . At temperatures above 750 K, the proportion of condensed phase does not change. This fact indicates that in the temperature range 750–1600 K reactions occur with the release of the condensed phase, but without changing the number of moles, which is characteristic of the reactions of decomposition, exchange with material, ie essentially chemical transport of elements.

High surface hardness is a necessary condition for wear resistance in most types of wear. In the case of abrasive, oxidative, fatigue wear, the most wear-resistant are steels with a high initial surface hardness, the structure of which consists of particles of the solid phase of carbide and the high-strength matrix holding them. Tests for microhardness are carried out using desktop devices PMT-3. The obtained data comparing the wear resistance of steel 45 with alloyed titanium coatings correlate with the values of microhardness, which is for coatings obtained under SHS conditions during chromium doping  $H_{100} = 16000 - 19000$  MPa. The test results showed that when tested under friction-sliding conditions, the best wear resistance among the considered alloyed titanium coatings have coatings doped with chromium. Their wear resistance is 1.7 - 1.9 times higher than that of coatings obtained under isothermal conditions.

#### References

1. Sereda B.P., Kruglyak I.V., Baskevich O.S., Belokon Y.O., Kruglyak D.O., Sereda D.B. Surface strengthening of structural materials using composite saturating media: monograph. Kamyanske: DSTU, 2019. 242 p. ISBN 978-966-175-187-2
2. Sereda B., Sereda D., Kryglyak I. Selection of materials for use in corrosive environments using SHS technology for automobile parts. *Materials Science and Technology* 2018, MS and T 2018. P. 1414–1418.

UDC 621.723.6

Sereda B.P., Dr. tech. Science, Professor

Kruglyak I.V., Dr. tech. Science, Professor

Prolomov A.A., graduate student

Dnipro State Technical University, Kamyanske, [seredabp@ukr.net](mailto:seredabp@ukr.net)

## WEAR RESISTANCE OF SILICON COATINGS OBTAINED IN THE CONDITIONS OF SELF PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS

Siliconized coatings of steels and alloys, obtained by self-propagating high-temperature synthesis, can significantly increase wear resistance, corrosion resistance and heat resistance, and often obtain the required combinations of them. With increasing temperature, the amount of products in the gaseous phase increases and condensed products are released. Characteristically, in the temperature range of 500–1600 K, the proportion of the condensed phase decreases, which is associated with the evaporation of the carriers used. The main compounds in the gas phase in the temperature range of 500 - 1600 K are: SiCl, SiCl<sub>2</sub>, SiCl<sub>3</sub>, SiCl<sub>4</sub>, SiJ<sub>2</sub>, SiJ<sub>3</sub>, AlJ, AlJ<sub>2</sub>, AlCl, AlCl<sub>2</sub>, CrCl<sub>2</sub>, CrF, CrF<sub>2</sub>, CrF<sub>4</sub>, BF<sub>3</sub>, TiCl<sub>2</sub>, TiCl<sub>3</sub>, TiCl<sub>4</sub>, WCl<sub>2</sub>, WCl<sub>3</sub>, WCl<sub>4</sub>, and others, as well as iodine in atomic and molecular form.

Simultaneously, starting from a temperature of 850 K, the reaction products decompose, which confirms the appearance of decomposition products and a sharp increase in the number of gas moles. Gaseous products interact with elements of the powder system (Al, Si, B, Ti, W, Cr) and transfer them to the gas phase (appear SiCl, SiCl<sub>2</sub>, SiCl<sub>3</sub>, SiCl<sub>4</sub>, SiJ<sub>2</sub>, SiJ<sub>3</sub>, AlCl, AlCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, BF<sub>3</sub>, CrF, CrF<sub>2</sub>, CrF<sub>4</sub>, TiCl<sub>2</sub>, TiCl<sub>3</sub>, TiCl<sub>4</sub>, WCl<sub>3</sub>, WCl<sub>4</sub>, AlJ and etc.). At temperatures above 850 K, the fraction of the condensed phase practically does not change. This fact suggests that in the temperature range of 850–1500 K, reactions occur with the release of a condensed phase, but without a change in the number of moles, which is typical for reactions of decomposition, disproportionation, or exchange with the substrate, i.e. in essence, chemical transport of elements takes place.

As a result of the thermodynamic calculation of the equilibrium composition of the reaction products, we can assume the following kinetic scheme of chemical transformations in the systems under study: The microhardness of siliconized coatings doped with Cr and Al on the surface of the samples is  $H_{50} = 6500 - 7000$  MPa; alloyed Cr, Al, B:  $H_{50} = 13000 - 15000$  MPa; alloyed Cr, Al, Ti:  $H_{50} = 9000 - 10000$  MPa and alloyed Cr, Al, W:  $H_{50} = 12000 - 13000$  MPa. After carrying out the combustion process and obtaining protective coatings, a standard heat treatment was carried out, consisting in hardening and low tempering, to prevent the layers from “punching”. With an increase in the carbon content in the sublayer, the microhardness increased. The wear resistance of protective coatings has increased by 1.8 - 2.5 times. The best indicators of wear resistance (test on the SMT-1 friction machine) were shown by siliconized coatings alloyed with chromium, aluminum and boron.

### References

1. Sereda B., Sereda D., Gaydaenko A., Kruglyak I. Obtaining surface coatings providing protection against extreme conditions of coke production. *Materials Science and Technology* 2019, MS and T 2019. P. 1318–1323. [https://DOI 10.7449/2019/ MST\\_2019\\_ 1318\\_1323](https://doi.org/10.7449/2019/MST_2019_1318_1323).
2. Sereda B., Khina B. Kruglyak I. Thermodynamic analysis of the gas environment in the formation of diffusion coatings using composite saturating charges. *Металургія: зб. наук. праць*. 2020. – Вип. 2 (43). – С. 43–49.

UDC 621. 74

Sereda B.P., Dr. tech. Science, Professor  
Cherneta O. G., Ph.D. Sciences, Associate Professor  
Skorohod M., graduate student

Dnipro State Technical University, Kamyanske, [seredabp@ukr.net](mailto:seredabp@ukr.net)

## STRENGTHENING OF AUTOMOTIVE PARTS TAKING INTO ACCOUNT STRUCTURAL TRANSFORMATIONS IN SURFACE LAYERS

In world practice, the latest technologies are used to strengthen the surface layer of automotive parts. Criteria for choosing technological methods of strengthening are high wear-resistant, physico-mechanical, performance characteristics of coatings, as well as the economic factor associated with the total cost of the process, equipment, consumables, environmental friendliness and safety. namely laser treatment, allowed to significantly expand the range of modification of surface layers and significantly increase the performance of wear-resistant characteristics of car parts.

The purpose of this work is to investigate the mechanisms of formation of wear-resistant structures on medium carbon steels and their influence on the physical and mechanical characteristics of the surface of automotive parts. In addition to heat treatment in world practice are widely used numerous hardening treatments. A separate area in the technology of strengthening the surface layer of the part is laser treatment. A significant advantage of laser processing is the formation of specific structures that are formed as a result of instantaneous rates of heating and cooling with a pulse duration.  $1 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3} \text{ c}$ . At above fast modes of heating and cooling in local zones reorganization of microstructure and phase transformations in steels 40, 45, 50, 50XΦA carried out by a special mechanism with the formation of many types of martensite (finely dispersed, unstructured martensite).

In the combined method in the drilling furnace is the saturation of the surface layer with boron. The next stage of surface modification is laser treatment. This technology leads to partial recrystallization of the microstructures of the boron layer. Superhard needle-shaped boron layer after laser treatment is transformed into crushed clusters of borides FeB, Fe<sub>2</sub>B and carboborides type Fe(CB), Fe<sub>2</sub>(CB).

The main advantage of this technology is to increase the ductility of the material, which has a positive effect on the overall characteristics of strength and durability. For comparison, the following technological processes of hardening: nitriding, heat treatment, laser treatment and options for combined technologies. The analysis of mechanisms of formation of wear-resistant structures at various ways of processing is carried out. The maximum effect in the formation of wear-resistant coatings with a given set of durable and performance characteristics was found when using a combined method of processing - drilling followed by laser treatment.

### References

1. Suslov A.G., Gulyaev Y.V., Dalsky A.M. etc. The quality of machines. Directory. Volume 2: M. Mashinostroenie, 1995. – 430 p.
2. Grigoryants A.G., Shiganov I.N., Misyurov A.I. Technological processes of laser processing: Proc. Manual for universities / Ed. A.G. Grigoryants. M.: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman, 2006. – 293 p.
3. Devoino O.G. Technology of formation of wear-resistant surfaces by laser alloying: Minsk: Tekhnologiya, 2001. – 180 p.

UDC 621.74

Kruglyak I.V., Dr. tech. Science, Professor  
Cherneta O.G., Ph.D. Sciences, Associate Professor  
Stasevich O.O., graduate student

Dnipro State Technical University, Kamyanske, [seredabp@ukr.net](mailto:seredabp@ukr.net)

## TECHNOLOGIES OF RESTORATION AND STRENGTHENING OF CAMS OF THE CRANKSHAFT OF THE AUTOMOBILE ENGINE

The main factor in the restoration of the surface is the strength of the welded layer with the base material. The surfacing material must ensure reliable adhesion of the base material to the substrate, reduce the risk of chipping and concentrations of thermal stresses in the transition zones, have high physical and mechanical characteristics, the ability to strengthen treatments. OZSh-3 electrodes were used to restore the working surface of the steel 45 cams. In terms of carbon, manganese and silicon, the steel surfacing electrodes are close to the components of steel 45 and this guarantees a reliable adhesion of the surfacing layer to the base material. After application to the prepared surface of the surfacing layer, blade treatment was performed, followed by grinding to obtain the appropriate geometry and roughness. The removed layer of metal allows to remove welding defects (pores, micro cracks and other defects).

The aim of the work is to conduct microstructural, X-ray phase studies of the restored surfaces of the cams of the camshaft of the car, to determine the wear resistance and microhardness of the working surfaces. With the help of the proposed technologies of restoration and strengthening, the optimal modes of applying the recovery layer and the optimal modes of laser treatment (pumping energy 20 kJ without surface melting) with boron-containing coatings (thickness 2 mm) were selected. In the transition zone, residual austenite is transformed into ferrite with the formation of two phases: ferrite particles (dark cascades), and the phase "boron + carbon" - boron carbide (white spots).

The main transformation of the structure occurs in the surface and under the surface zones. The main lines observed on the X-ray diffraction pattern of the sample are  $\alpha$ -Fe, which is more than 90% in intensity. Boride lines  $Fe_2B$ ,  $FeB$  less intense (up to 4%) and also present in small quantities (up to 3%) iron carbide lines  $Fe_3C$  and compounds are observed  $FeCr$ . Researches of the restored and strengthened surfaces of cams by means of laser drilling are carried out. Reinforced surface layer has a complex structure and generally contains a martensitic base with thin layers of borides, carbides. The microhardness of the treatment zone increases by 3-4 times ( $H_{\mu}$  6500-7000 MPa).

### References

1. Frantsenyuk I.V., Frantsenyuk L.I. Album of microstructures of cast iron, steel, nonferrous metals and their alloys. -M.: Akademkniga, 2004. – 136 p.
2. Differentiated processing of alloys to improve their properties is a promising direction in materials science. L.S. Malinov. /New materials and technologies in metallurgy and mechanical engineering.// Science Journal №2, 2012 – Zaporozhzhya, ZNTU, 51-56 pp.

UDC 621.762:669.701

Vusala Jafarova, PhD student  
Azerbaijan Technical University, Baku, [azmiu\\_vusale@mail.ru](mailto:azmiu_vusale@mail.ru)

## EVALUATION OF THE LIQUID STEEL DESULFURIZATION PROCESS IN A FURNACE

As part of modeling the process of deoxygenation of metal and powder during out-of-furnace treatment, an attempt was made to estimate the distribution coefficient of sulfur and its concentration in the alloy.

During the processing of steel in a ladle furnace, reducing silicon is produced, as a result of which the oxidation of both the alloy and the alloy is reduced, and the activity coefficient of sulfur is also increased. At the same time, the value of slag increases when lime is added to the ladle [1].

Analysis of the data on the composition of the slag, calculated by the mathematical model and obtained in experiments, allows us to conclude that the slag is more absorbent than sulfur.

The following simplifications were made in the calculations:

- mass transfer process under conditions of manganese limitation;
- at high mixing intensities, an equilibrium of the redox reaction is achieved [2].

The following reaction data were used to study the interaction between the liquid oxide alloy and the metal and to estimate the depth of the desulfurization reaction:



$$K_1 = \frac{a_{CaO} \cdot a_O}{a_{CaO} \cdot a_s} = \frac{X_{CaO} \cdot \gamma_{CaO} \cdot [O] \cdot f_O}{X_{CaO} \cdot \gamma_{CaO} \cdot [S] \cdot f_s}, \quad (2)$$

It is clear that an increase in the distribution coefficient of sulfur between metal and slag, which ensures more complete desulfurization, is facilitated by the high activity of CaO in the slag, the high activity of sulfur in the metal, and the low oxidation of the metal [3].

Indicate the concentration of gray matter in the slag through  $X_{CaO}$ :

$$X_{CaO} = \frac{(\%S)}{32 \sum n}, \quad (3)$$

where 32 is the atomic mass of sulfur, g/mol;

$\sum n$  – 100g is the total amount of components in the slag.

From (2) and (3) we obtain an expression for the equilibrium distribution coefficient of sulfur  $L_s = (S)/[S]$ :

$$L_s = 32K_1 \frac{X_{CaO} \cdot \lambda_{CaO} \sum n}{\lambda_{CaO}} + \lg \frac{f_s}{[O] \cdot f_o} \quad (4)$$

After logarithmic (4) we get:

$$\lg L_s = \lg 32 \cdot K_1 \cdot \frac{X_{CaO} \cdot \lambda_{CaO} \cdot \sum n}{\lambda_{CaO}} + \lg \frac{f_s}{[O] \cdot f_o}, \quad (5)$$

When refining liquid iron and  $f_o \approx 1$  and  $f_s \approx 1$ . Then

$$\lg L_s^{Fe} = -2,78 + 0,86 \cdot \frac{(\%CaO) + 0,05(\%MgO)}{(\%SiO_2) + 0,6 \cdot (Al_2O_3)} - \lg [O]_{Fe}, \quad (6)$$

Thus, we obtain an empirical equation for the distribution coefficient,  $L_s^{Fe}$  which has the same structure as equation (6)

$$\lg L_s^{Fe} = -2,78 + 0,86 \cdot \frac{(\%CaO) + 0,05(\%MgO)}{(\%SiO_2) + 0,6 \cdot (Al_2O_3)} - \lg [O]_{Fe}, \quad (7)$$

With the help of a mathematical model, the optimal conditions for desulfurization of steel during processing in a furnace are determined.

As a result of the calculations, it was found that in order to ensure desulfurization during out-of-furnace metal processing, the optimal composition of slag oxide should be used, i.e. the composition of the slag, which ensures the reduction of the metal.

Thus, during the processing in the furnace, optimal conditions are created for the desulfurization of steel. Calculations show that at least 10% of sulfur in liquid steel can be isolated without additional measures.

## References

1. Smirnov A.N. Nepreryvnaja razlivka stali. Uchebnik. / Smirnov A.N., Kuberskij S.V., Shtepan E.V. – Doneck: DonNTU, 2011. – 482 p.
2. Brovman M.Ja. Nepreryvnaja razlivka metallov. / Brovman M.Ja. M.: Jekomet. – 2007. – 484 p.
3. Bulanov L.V. Mashiny nepreryvnogo lit'ja zagotovok. Teorija i raschet. Uchebnik./ Bulanov L.V., Korzunin L.G. i dr. – Uralmash – Metallurgicheskoe oborudovanie, 2004. – 349 p.

Krechkovska H., Doct. Sc., Senior Researcher

Shtoyko I., Ph.D.

Tsybailo I., Ph.D. student

Solovey P., engineer

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, [krechkovskahalyna@gmail.com](mailto:krechkovskahalyna@gmail.com)

Krechkovska S., student

Lviv Polytechnic National University

## SENSITIVITY OF CHARACTERISTICS OF HEAT-RESISTANT STEEL TO OPERATIONAL DEGRADATION

A feature of high-temperature (up to 540 °C) degradation of heat-resistant steel is the changes in its structure. Due to the diffusion, alloying elements and carbon are released in the form of complexly alloyed carbides along the grain boundaries that weaken cohesion between grains. Thus, the resistance to brittle fracture of steel reduces, and it becomes susceptible to cracking [1, 2].

The steel 15H1M1F in the initial state and after  $2 \times 10^5$  h of operation, subjected to 501 (No.1) and 576 (No.2) shutdowns of power units, has been analysed using the most sensitive characteristics to operational degradation: impact strength  $KCV$ , fracture toughness  $K_c$  and the effective fatigue threshold  $\Delta K_{th\,eff}$  (Table 1). The results of all tests showed that the metal from the block No.2 is more sensitive to degradation than that from the block No.1.

Table 1 – Mechanical properties of 15H1M1F steel

| State                          |      | $KCV$ [MJ/m <sup>2</sup> ] | $K_c$ [MPa m <sup>1/2</sup> ] | $\Delta K_{th\,eff}$ [MPa m <sup>1/2</sup> ] |
|--------------------------------|------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|
| Initial                        |      | 1.68                       | 100                           | 4.1                                          |
| Operated for $2 \times 10^5$ h | No.1 | 1.25                       | 67                            | 1.76                                         |
|                                | No.2 | 1.05                       | 58                            | 1.17                                         |

To visualize fractographic peculiarities of steel's degradation, the specimens after the tests for impact strength, fracture toughness and fatigue crack growth resistance were examined. Fragments of intergranular fracture were identified on the fracture surfaces of the examined specimens. The obtained results allow recommending the area of intergranular fracture in the unit area of the fracture surface of the operated steel specimens as a quantitative indicator of the structural and mechanical state of the steel.

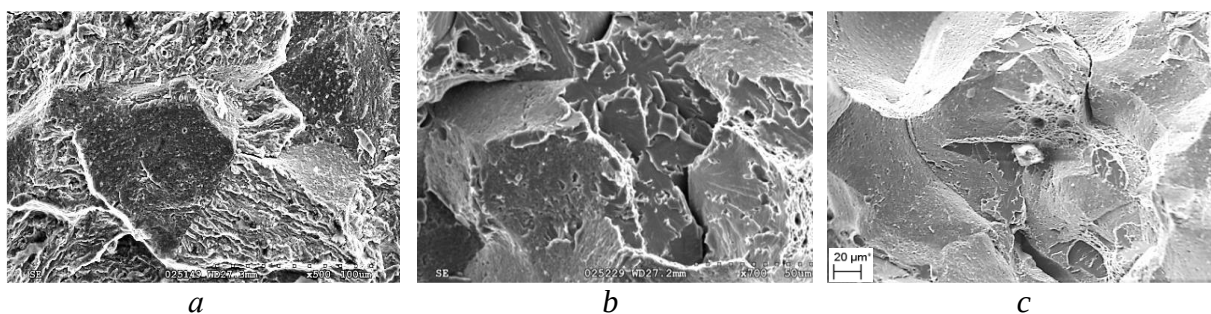


Fig.1 – Fracture surfaces of 15H1M1F steel after  $2 \times 10^5$  h of operation and 576 shutdowns after (a) impact tests, (b) fracture toughness tests and (c) fatigue crack growth test.

### References

1. Krechkovska H. Predicting the state of heat-resistant steel of a steam pipeline at a TPP taking into account changes in its strength due to operational damage / H. Krechkovska, V. Sylovanyuk, O. Student, A. Chornenkyi // Procedia Structural Integrity. – 2022. – 36. – P.43–50.
2. Romaniv O.M. Effect of damage in service of 12Kh1MF steam-pipe steel on its crack resistance characteristics / O.M. Romaniv H.M. Nykyforchyn I.R. Dzyuba et al. // Materials Science. – 1998. – 34 (1) – P.110–114.

UDC 621.791.3/8

Nataliia Kobzar, MSc student,  
Yevgenia Chvertko, Associate Professor,  
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”,  
[e.chvertko@kpi.ua](mailto:e.chvertko@kpi.ua)

## POSSIBILITY OF TRANSFERRING WELDING TECHNOLOGIES TO EXTRATERRESTRIAL CONDITIONS

Welding is an important and widespread technological process for the production and repair of structures for various purposes. Most welding processes are based on using of different types of heat sources. When joining metallic materials in most cases the effects of the thermal cycle are present. In particular, thermal exposure leads to the formation of a heat affected zone (HAZ). HAZ is an area adjacent to the joint zone, in which changes in structure, mechanical properties, chemical composition due to heating and further cooling are observed [1]. Depending on the technology and technique of welding, thermal exposure leads to the formation of residual deformations and stresses. These also cause changes in the characteristics of the structural material. Depending on the operating conditions a local damage and failure of the structure as a whole may occur due to such changes [2].

To evaluate a possibility of direct transfer of welding technologies to extraterrestrial conditions a computer simulation was performed for three structures located in conditions of Earth, Moon and Mars with corresponding gravity and environment temperature. Material characteristics were set close to those of 2024 aluminum-based alloy. Heating source used in a model had a density  $\sim 10^5 \text{ W / cm}^2$  at a temperature of  $8000^\circ\text{C}$ , heat input was  $340 \text{ J / mm}$ .

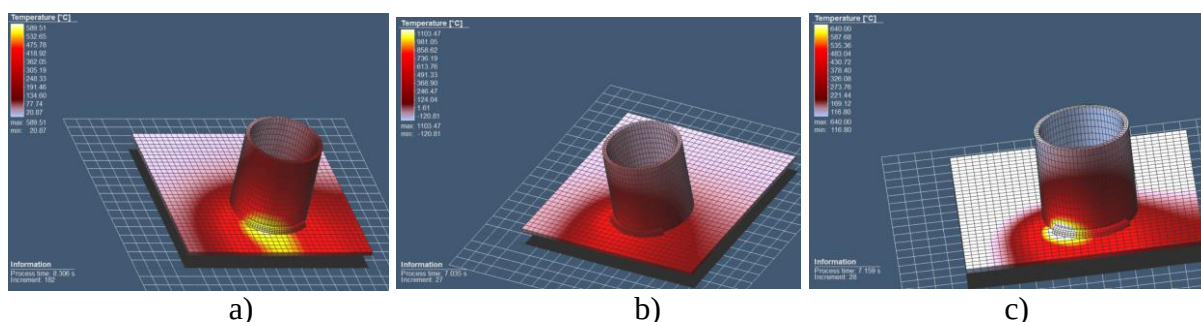


Fig. 1 – Results of simulation (end of welding): a – Earth; b – Mars; c - Moon

It was determined by analysis of temperature distribution across the structure after welding and after cooling that processes with such thermal cycle can be almost directly transferred to Moon conditions. In case of Mars the cooling speed is extremely high which leads to the need of using additional technological operations, especially in case of joining materials susceptible to quenching.

### References

1. Фомичев С.К. Сварочные процессы и оборудование : учебник для студ. высш. учеб. завед., которые обуч. по направ. подгот. "Сварка" / С.К. Фомичев [и др.]; М-во образования и науки, молодежи и спорта Украины, НТУУ "КПИ". – К.: НТУУ "КПИ", 2012. – 488 с.
2. Чертов І.М. Зварні конструкції: (для самостійної роботи студентів): навч. посіб. для студ. вищих навч. закл., які навч. за напрямом підготовки "Зварювання" / І.М. Чертов; НТУУ "КПИ". – К.: НТУУ "КПИ", 2012. – 140 с.

УДК 621.791.1/8:621.791.94

Майданчук Т.Б., канд. техн. наук, зав. відділом,  
Глюшенко В.М., канд. техн. наук, пров. наук. співробітник,  
Бондаренко А.М., зав. групи,  
Лук'янченко Є.П., наук. співробітник,  
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, [pw1\\_37@ukr.net](mailto:pw1_37@ukr.net)

## ОСОБЛИВОСТІ ДВОЕЛЕКТРОДНОГО MIG-ПРОЦЕСУ НАПЛАВЛЕННЯ БРОНЗИ ПО ТОНКОМУ ШАРУ ФЛЮСУ

Для забезпечення високої продуктивності робіт при дуговому зварюванні і наплавленні в практиці дугового зварювального виробництва все більше застосування знаходить двоелектродний процес, при якому в зону дуги одночасно подаються два електроди, які знаходяться в одному зварювальному ланцюгу і живляться від одного джерела струму (т.з. «розщеплений електрод»). Такий процес характеризується збільшенням, в порівнянні з одноелектродним, об'ємом розплавленого металу і зварювальної ванни, що потребує створення додаткових умов захисту його від впливу навколишнього середовища. Це можливо за рахунок використання шлакового захисту, тобто виконанням процесу наплавлення по тонкому шару флюсу (напіввідкритою дугою). Таким чином процес плавлення і переносу електродного металу відбувається в газозахисному середовищі, а метал зварювальної ванни додатково захищається розплавленим флюсом.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що використання комбінованого газо-шлакового захисту поліпшує технологічні властивості зварювальної дуги, а саме її просторову стабільність за рахунок наявності екрануючого розплавленого шлаку, стабілізуючого положення катодної плями на поверхні зварювальної ванни. Також потрапляння в дугу парів компонентів флюсу впливає на характер переносу і ступінь розбризкування електродного металу: при наплавленні на оптимальних режимах розбризкування відсутнє.

При наплавленні бронз марок Бр.КМц3-1 та Бр.АМц9-2 найкращі результати отримані при використанні в якості додаткового шлакового захисту пемзо видного флюсу АН-60СМ, товщина шару якого не перевищує 5-6 мм. Така частка розплавленого флюсу покриває наплавлений валик тонкою шлаковою кіркою, забезпечуючи отримання характерної для бронзи «блискучої» поверхні валика.

Досліджено вплив параметрів режиму двоелектродного MIG-процесу наплавлення бронзи на сталь по тонкому шару флюсу на проплавлення основного металу з метою його мінімізації. Для дротів діаметром 1,2 мм при оптимальних електричних параметрах дуги і міжелектродній відстані (величині «розщеплення») 3,6-4,0 мм вміст заліза в одношаровому наплавленні не перевищує 2-3%.

Слід відзначити, що використання двоелектродного процесу з комбінованим газо-шлаковим захистом наряду з отриманням наплавки високої якості дозволяє підвищити продуктивність робіт в 1,5-1,7 рази.

УДК 621.787:620.176.16

Максимів О.В., канд. техн. наук,  
Кирилів В.І., канд. техн. наук, ст.наук.співробітник,  
Звірко О.І., докт. техн. наук, професор,  
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, [olha.zvirko@gmail.com](mailto:olha.zvirko@gmail.com)

### ФОРМУВАННЯ МЕХАНОІМПУЛЬСНОЮ ОБРОБКОЮ ПОВЕРХНЕВИХ НАНОСТРУКТУР НА СТАЛЯХ ПЕРЛІТНОГО КЛАСУ

Нанокристалічні структури (НКС) конструкційних матеріалів набувають все ширшого застосування, оскільки характеризуються унікальним комплексом фізико-механічних властивостей [1]. У роботі проаналізовано особливості формування поверхневих НКС на сталях перлітного класу застосуванням механоімпульсної обробки (МІО) [2] (рис. 1) та досліджено їх вплив на механічні властивості та втомну витривалість. МІО використовує високошвидкісне тертя для диспергування поверхневих шарів металу та поєднує інтенсивну зсувну деформацію, легування компонентами технологічного охолоджувального середовища через його термодеструкцію та термічну обробку легованого і високодеформованого поверхневого шару металу.

Застосуванням МІО отримали градієнтну НКС із розміром зерна у діапазоні 12...60 нм у приповерхневих шарах низки сталей перлітного класу, при цьому величина зерна плавно змінюється від нанорозмірної на поверхні до вихідної величини матричного матеріалу. Товщина обробленого шару залежала від параметрів обробки та досягала 150...180 мкм (рис. 2). Мікротвердість приповерхневого шару досягала 7...9,5 ГПа (рис. 2). Шорсткість обробленої МІО поверхні залежно від застосованих режимів обробки досягала  $Ra = 0,4...0,6$  мкм, що дозволяє не застосовувати фінішних операцій після неї. Виявили підвищення опору втомі досліджених сталей з поверхневими НКС.

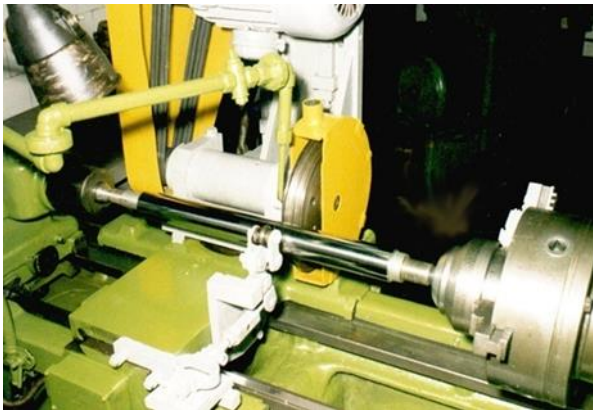


Рис. 1 – Установка для механоімпульсної обробки циліндричних поверхонь

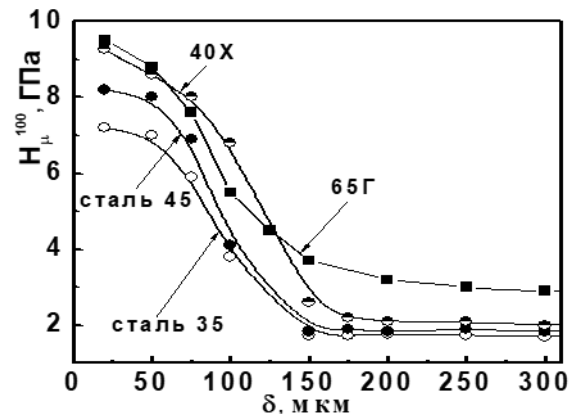


Рис. 2 – Розподіл мікротвердості по глибині сталей після механоімпульсної обробки

Таким чином, зміцнені поверхневі шари з НКС на сталях перлітного класу характеризуються високою мікротвердістю та підвищеним опором втомному руйнуванню. Отже, МІО є перспективним методом для підвищення довговічності металовиробів.

#### Список посилань

1. Dai K., Shaw L. Comparison between shot peening and surface nanocrystallization and hardening processes // Mater. Sci. Eng. A. – 2007. – Vol. 463. – P. 46–53.
2. 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.

УДК 621.791.1/8:621.791.94

Резнік С.А., пров. інженер-технолог,  
Майданчук Т.Б., канд. техн. наук, зав. відділом,  
Лук'янченко Є.П., наук. співробітник,  
Ганчук А.В., заст. зав. відділом

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

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТИКОВИХ З'ЄДНАНЬ З ПРИМУСОВИМ ФОРМУВАННЯМ МЕТАЛУ ШВІВ**

Розроблена ще у 1954 році в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ технологія електрошлакового зварювання з примусовим формуванням охолоджуваними водою мідними повзунами вертикальних швів й досі успішно використовується. Це зумовлено можливістю зварювання металу необмеженої товщини, високою економічністю процесу, не дефіцитністю та порівняно низькою вартістю зварювальних матеріалів. Проте у зв'язку з притаманним цьому процесу високим тепло вкладенням в основний метал, що спричиняє зростання зерна в зоні термічного впливу (ЗТВ), отримання рівномірних з'єднань, особливо при зварюванні великогабаритних деталей з вуглецевих конструкційних сталей вимагає дорогої високотемпературної обробки.

Для з'єднання металу малих товщин (8-25 мм) з низьким тепловкладенням в основний метал був розроблений спосіб зварювання з примусовим формуванням швів порошковим дротом, як самозахисним, так і газозахисним. Порошковий дріт забезпечив значне збільшення продуктивності процесу зварювання. Однак він має обмежений термін зберігання та високу вартість. В зв'язку з цим в ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України було розроблено спосіб зварювання вертикальних швів під флюсом, а вірніше розплавленим шлаком, дротами суцільного перерізу. Цей спосіб поєднав в собі стійкий перебіг процесу та надійний захист зварювальної ванни, властиві ЕШЗ, з високою продуктивністю і забезпеченням необхідних службових властивостей зварних з'єднань, притаманних зварюванню порошковим дротом. Глибина шлакової ванни при такому процесі підтримується мінімально можливою і контролюється оператором. Можливі зменшення висоти шлакової ванни і оголення зварювальної дуги внаслідок підтікання шлаку при депланації зварюваних листів, що підвищує ризик появи пор в металі шва. Для уникнення цього було удосконалено комбінований захист шлаком і вуглекислим газом. Додатковий захист ванни газом дозволив зменшити глибину шлакового шару, що знизило внесення тепла і позитивно вплинуло на ударну в'язкість. Комбінований захист зварювальної ванни забезпечив можливість бездефектно розпочинати процес (по підварці) і відновлювати його після вимушених зупинок завдяки зменшенню відбору тепла дуги та розплавлення початкової порції флюсу.

Таким чином розроблена технологія забезпечує:

- високу продуктивність зварювання за рахунок суттєвого збільшення коефіцієнта плавлення електродного дроту малого діаметру;
- якісний захист зварювальної ванни;
- високу економічність за рахунок використання недефіцитних та порівняно недорогих зварювальних матеріалів;
- покращення санітарно-гігієнічних умов роботи оператора за рахунок відсутності інтенсивного випромінювання та істотного зниження обсягу шкідливих аерозолів.

УДК 621.791.4

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

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

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ЗВАРЮВАННЯ ТИСКОМ МАГНІЄВИХ СПЛАВІВ**

Магній є одним з найпоширеніших елементів на Землі. Головною перевагою застосування магнієвих сплавів є їх низька вага, проте їх активне застосування гальмується через низькі пластичність і формуємість при кімнатній температурі, наявність базової текстури, розтріскування кромки при прокатці, високу електрохімічну активність.

Поява нових сплавів і впровадження сучасних методів обробки сприяє поширенню магнію в автомобільній і авіаційній промисловості, що, в свою чергу, вимагає розробки методів з'єднання, які б забезпечили відповідні властивості отриманих елементів конструкцій.

Традиційні технології зварювання магнієвих сплавів плавленням призводять до значного розміщення матеріалів у зоні з'єднання, формування литої великокристалічної структури швів та утворення характерних дефектів у вигляді пор, мікрровключень оксидних плівок і тріщин. Ефективними способами підвищення надійності швів може бути застосування способів зварювання в твердій фазі (прокатування, ультразвукове та дифузійне), що унеможливує утворення дефектів характерних для способів зварювання плавленням. Огляд сучасних технологій з'єднання магнієвих сплавів показав, що основними шляхами удосконалення процесів зварювання тиском є застосування ряду підходів.

Так при дифузійному зварюванні магнієвих сплавів без використання проміжних прошарків бажано застосовувати режими зварювання, які не призводять до значного росту зерна. Додаткова термообробка, за рахунок протікання рекристалізаційних процесів дозволяє дещо підвищити міцність з'єднань.

Використання проміжних прошарків у вигляді окремих шарів з однорідних матеріалів на основі міді, нікелю, цинку, алюмінію чи срібла, або евтектичних сумішей, дозволяє за рахунок хімічної взаємодії компонентів пришвидшити руйнування оксидної плівки на поверхні зразків, що зварюються. При зварюванні через евтектичні прошарки необхідно контролювати процес утворення крихких фаз за рахунок зменшення тривалості зварювання, а також обмеженого формування рідкої фази, що досягається шляхом використання більш тонких фольг/покривів. Використання армуючих частинок певного розміру та концентрації може суттєво підвищити міцність отриманих з'єднань.

При ультразвуковому зварюванні магнієвих сплавів наряду з використанням параметрів характерних для дифузійного зварювання (температура нагрівання, тиск) додатково застосовують коливання, що дозволяє суттєво зменшити час зварювання за рахунок інтенсифікації дифузійних процесів і стрімкого руйнування оксидної плівки на контактних поверхнях. Проте використання даного методу обмежується можливістю зварювання зразків малого розміру.

При зварюванні прокатуванням збільшення швидкості та інтенсивності пластичної деформації призводить до суттєвого подрібнення зерна та підвищення міцності з'єднань внаслідок протікання процесів динамічної рекристалізації.

Таким чином при зварюванні тиском магнієвих сплавів перспективним можна вважати використання тонких прошарків або покривів, що повинно зменшити хімічну неоднорідність в стикі та сприяти активації контактних поверхонь. Зміцнення зони з'єднання за рахунок введення в стик дрібнодисперсних часток. Збільшення швидкості та ступеня пластичної деформації.

УДК 666.3:621.793

Казимиренко Ю. О., докт. техн. наук, професор,  
Лебедєва Н. Ю., канд. техн. наук, доцент,  
Макруха Т. О., канд. техн. наук, асистент,

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв,  
[tmakruha@gmail.com](mailto:tmakruha@gmail.com)

## ТЕРМОЦИКЛІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ПОКРИТТІВ, НАПОВНЕНИХ ЗОЛЬНИМИ МІКРОСФЕРАМИ

Підвищення експлуатаційних показників хімічного обладнання можливо в результаті застосування нових термостійких композиційних покриттів, здатних працювати в умовах підвищених температур і циклічних навантажень. Існуючі полімерні покриття у багатьох випадках не відповідають висунутим експлуатаційним вимогам через деструкційні процеси. Тому перспектив набувають металоматричні покриття з неметалевими включеннями, прикладом яких можна вважати електродугові покриття, наповнені зольними мікросферами алюмосилікатного складу [1]. Проте їх експлуатаційні властивості ще не досліджено.

Мета роботи полягатиме у експериментальних випробуваннях термостійкості композиційних покриттів. Для експериментальних досліджень підготовлено зразки електродугових покриттів з Св-08 (ГОСТ 2246-70) та 65Г (ДСТУ 3671-97), напилені товщиною 1 мм на пластинку з Ст3 розміром 140×100×1,5 мм. Як наповнювач (10...25 % об'ємн.) до складу покриттів додано зольні порожні мікросфери алюмосилікатного складу марки МПк 200-400 (ТУ 5717-001-11842486-2006). Режими нанесення покриттів наведено в роботі [1]. За критерій термостійкості обрана кількість термоциклів в режимі нагрівання/охолодження при температурах 570°C /10°C, які витримують покриття на сталевій підкладці до руйнування або відшаровування. Для проведення експериментальних робіт застосовано електропід лабораторну марки СНОЛ-1.6.2.08/9-М1, у яку завантажували сталеві пластинки із Ст3 розміром 140×100×3,5 мм з нанесеними з одного боку композиційними покриттями товщиною 1 мм. Зразки охолоджувалися під проточною водою з температурою +10 °C, а потім просушувалися у сушильній шафі при температурі (20±5) °C протягом 10 хв. Як термостабільність розглянуто зміни у структурі та фазовому складі, для чого застосовано методи оптичної мікроскопії (мікроскоп БЮЛАМ-І) та рентгеноструктурного аналізу (установка ДРОН-3.0). За результатами встановлено, що зразки з покриттями з Св-08 і 65Г витримують 13±2 термоцикли, а покриття з 65Г – 15±2 термоцикли. Дослідження структури показали окиснювання підкладки з Ст3 з утворенням окалини та викришування після 9-го термоциклу мікросфер на окремих ділянках, що можна пояснити слабкою поверхнею поділу у сформованих металокомпозитах. Змін у фазовому складі покриттів не відбувається.

Одержані результати свідчать про термостійкість і термостабільність, а також надають уявлення про максимальний ресурс та структурну стабільність електродугових покриттів з Св-08 і 65Г, наповнених зольними мікросферами.

### Список посилань

1. Казимиренко Ю.О. Дослідження технологічних можливостей підвищення зносостійкості електродугових покриттів з 65Г / Ю.О. Казимиренко, Н.Ю. Лебедєва // Матеріали Х міжнар. наук.-техн. конф. «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв: НУК, 2019. – С. 300-304.

УДК 621.791.037/011

Костін О.М. канд. техн. наук, професор

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв,  
[kostin.weld@gmail.com](mailto:kostin.weld@gmail.com)

Мартиненко В.О., канд. техн. наук, доцент

Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, [martynenko@mnau.edu.ua](mailto:martynenko@mnau.edu.ua)

## АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРИТИХ ЕЛЕКТРОДІВ НА КОМПЛЕКСІ УПЕ-500

Зварювально-технологічні характеристики покритих електродів, які мають вирішальне значення для забезпечення стабільності процесу зварювання, традиційно контролюють, покладаючись на суб'єктивну якісну оцінку висококваліфікованого зварника. Це не є в повній мірі об'єктивним та потребує вдосконалення. В цьому зв'язку, науково-промислова фірма ТОВ «АМІТІ» (м. Миколаїв), за замовленням компанії ПрАТ "ПлазмаТек" (м. Вінниця) спроектувала та виготовила лабораторний комплекс УПЕ-500 (ТУ У 27.9-20864642-003:2021) за допомогою якого виробник може в онлайн режимі контролювати якість продукції.

Комплекс УПЕ-500 в автоматичному режимі контролює наступні критерії оцінки стабільності процесу масопереносу: середня частота коротких замикань (масопереносу) -  $f_{\text{сер.}}$ ; середньоквадратичне відхилення частоти коротких замикань (масопереносу) -  $\sigma$ ; коефіцієнт варіації частоти коротких замикань (масопереносу) -  $K_{vf} = \sigma / f_{\text{сер.}}$ ; розрахункова маса краплі, що визначається як фізично очевидне відношення масової швидкості плавлення до частоти масопереносу  $m_{\text{сер.}} = dM / f_{\text{сер.}}$ . Крім того, в роботі вперше введено новий показник - критична частота масопереносу, яка дорівнює різниці середньої частоти і середньоквадратичного відхилення частоти -  $f_{\text{кр.}} = f_{\text{сер.}} - \sigma$ . Відповідно, в таких умовах можливо утворення крапель з середнім максимальним розміром  $m_{\text{max}} = dM / f_{\text{кр.}}$ , що можна додатково враховувати для порівняння з критичною масою краплі  $m_{\text{кр.}}$ .

Комплекс складається з трьох частин: пульта управління з портом для підключення персонального комп'ютеру, блоку вимірювання і комутації, з можливістю підключення осцилографу і безпосередньо маніпулятору. Зовнішній вигляд маніпулятору показано на рис. 1.



Рис. 1. – Зовнішній вигляд маніпулятору

**Приклад використання.** Компанія ПрАТ «ПлазмаТек» з успіхом виробляє електроди УОНИ-13/55 «ПЛАЗМА», які мають великий попит у споживача завдяки збалансованому відношенню ціни до якості. Однією з переваг цих електродів, які відносяться до типу Е 7018 за стандартом AWS A5.1, є наявність в обмазці порошку заліза [1, 2], що підвищує ефективність їх використання на 20%. При цьому, компенсуються втрати металу на вигорання та розбризкування, знижуються витрати електродів на 10-15%, збільшується продуктивність наплавлення на 8-10% та поліпшується формування шву та відокремлення шлакової кірки. Традиційно, для виготовлення цих електродів на підприємствах компанії використовували суміш порошків заліза ПЖРВ 2.200.28 (ТУ 14-1-5365-98) та DIP 400 30W (EN 10204 3.1). Після придбання комплексу обладнання у компанії Atomising System Ltd (Англія) з'явилась можливість випуску залізного порошку власного виробництва.

Електроди з різним типом порошку випробовувались на комплексі УПЕ-500. Зварювання виконували в нижньому положенні. Отримані середні показники критеріїв стабільності плавлення електродів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. – Критерії стабільності процесу зварювання

| Технологія виготовлення електроду | Середня частота, $f_{\text{сер.}}$ , Гц | Критична частота, $f_{\text{кр.}}$ , Гц | Коефіцієнт варіації, $K_{vf}$ , % | Маса каплі середня, $m_{\text{сер.}}$ , Г | Маса каплі максимальна, $m_{\text{мах.}}$ , Г |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| традиційна                        | 3,7                                     | 3,53                                    | 6,2                               | 0,161                                     | 0,168                                         |
| вдосконалена                      | 4,14                                    | 3,92                                    | 5,3                               | 0,148                                     | 0,156                                         |

Аналіз отриманих результатів показав, що в обох випадках забезпечуються умови стабільності процесу ( $m_{\text{сер.}} < m_{\text{кр.}}$  та  $K_{vf} < 33\%$ ), але, зварювання електродами, які містять в покритті оптимізований залізний порошок власного виробництва, дозволяє суттєво підвищити стабільність процесу та збільшити частоту масопереносу. В абсолютних одиницях, середня частота масопереносу збільшилась на 10,6%, критична частота масопереносу збільшилась на 9,9%, а коефіцієнт варіації зменшився з 6,2% до 5,3%. Характерно, що середня маса каплі зменшилась на 8,1%, при цьому, максимальна середня маса краплі (0,156г), менше, ніж середня маса краплі (0,161г) для традиційної технології виготовлення електродів, що є суттєвим позитивним ефектом, та дозволяє значно покращити зварювально-технологічні властивості електродів та підвищити якість зварювання.

Таким чином, використання комплексу УПЕ-500, на відміну від якісного стандартного методу оцінки у вигляді опитувального листа зварника, дозволяє з високою достовірністю кількісно оцінити параметри стабільності процесу зварювання.

Лабораторний комплекс УПЕ-500 в автоматичному режимі може виконує зварювання в усіх просторових положеннях, з одночасною стабілізацією процесу, та здійснювати автоматичну фіксацію, обробку та реєстрацію отриманих даних, що дозволяє кількісно оцінювати зварювально-технологічні характеристики покритих електродів без суб'єктивного втручання оператора.

#### Список посилань

1. Didit Sumardiyanto, Sri Endah Susilowati (2019) Effect of Welding Parameters on Mechanical Properties of Low Carbon Steel API 5L Shielded Metal Arc Welds. American Journal of Materials Science, **9(1)**, 15-21.
2. Santhosh. S, Jaganathan. S, Anantha Raman. L, Balmurugan. M (2018) Experimentation and comparative study of E6013 and E7018 weldments using shielded metal arc welding. International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, **8**, 169-174.

УДК 621.785.5: 621.793.6

Смирнов І. В., докт. техн. наук, професор,

Чорний А.В., канд. тех. наук, доцент,

Лисак В.В., ст. викладач,

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ,

[smirnovkpi@gmail.com](mailto:smirnovkpi@gmail.com)

### **ЗМІЦНЕННЯ СТВОЛІВ ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ АЗОТУВАННЯМ В ІМПУЛЬСНОМУ РЕЖИМІ**

Прагнення підвищити ресурс стволів вогнепальної зброї викликає безліч досліджень і технічних пропозицій, таких як: застосування спеціальних сталей, термічної та хіміко-термічної обробки, нанесення зносо- та ерозійностійких покриттів тощо.

Аналіз видів зношування, присутніх в стволах сучасної автоматичної зброї показав, що досягнення граничного стану експлуатації обумовлено протіканням процесу циклічної повзучості, неприпустимим змінам початкової геометрії нарізів, розвитком сітки теплових втомних тріщин, які порушують суцільність поверхні каналу ствола в цілому. Вид зношування, залежить від ряду факторів, серед яких вирішальне значення має температура поверхні каналу ствола перед черговим пострілом.

Мета роботи полягала в зміцненні стволів вогнепальної зброї за рахунок формування зносостійких поверхневих шарів в каналі ствола імпульсно-плазмовим азотуванням.

Перспективним напрямком керування структурою і експлуатаційними властивостями внутрішніх поверхонь стволів є застосування імпульсно-плазмових технологій. Даний підхід базується на поєднанні імпульсного розряду для створення плазмового потоку елементів - дифузантив (азот, вуглець, бор тощо) та імпульсного зміщення потенціалу підкладки для іонної імплантації або модифікації поверхні з переходом до пакетно-імпульсного режиму збудження індукційного розряду, що є новим та оригінальним. Імпульсна модуляція (періодичне переривання) струму газового розряду або напруги негативного зміщення підкладки зменшує середню потужність теплового навантаження на електроди (катод, анод, електроди сепараторів та ін.). Досліди проводили на трубчастих зразках зі сталі 40ХН2МА, які служили порожнім катодом із внутрішнім діаметром 12 мм і розміщеним в середині стрижневим анодом.

Для реалізації процесу модернізована іонно-плазмова установка ВУ-1Б, яка була оснащена модулятором високочастотних імпульсів. Режимні параметри варіювали в широких межах: частота імпульсів – 10-15 кГц; скважність – 2-3; напруга – 0,8-1,5 кВ, струм – 0,5-1 А, тиск робочого газу в камері – 250-500 Па, тривалість процесу - 4-6 год.

Застосування імпульсного режиму з частотою 10–15кГц забезпечує стійкість процесу дифузійного насичення поверхні без електричних пробойів та дугоутворення. Важливу роль в даному процесі відіграє скважність імпульсів, зменшення якої призводить до локалізації об'єму плазми в трубчастому зразку. Це можна компенсувати збільшенням напруги, але це викликає на поверхні зразка перегрів, що призводить до не бажаних структурних перетворень.

В результаті імпульсно-плазмової обробки трубчатого зразка в середовищі газової суміші азоту та аргону, мікротвердість внутрішньої поверхні збільшилась з 2 до 5 ГПа, що відобразилося на підвищенні відносної зносостійкості у 2–4 рази.

Таким чином, для зміцнення стволів доцільне застосувати імпульсно-плазмові азотування в плазмі тліючого розряду високої частоти, яке має низку переваг у порівнянні із відомими аналогами іонного азотування в стаціонарних умовах. Значно підвищується ефективність та продуктивність процесу за рахунок збільшення ступеня іонізації плазми та енергії іонів робочого газу, зменшується середня потужність теплового навантаження, що дозволяє обробляти теплочутливі сталі без ризику структурних перетворень.

УДК 621.791.037

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

Дослідно-конструкторсько-технологічне бюро Інституту електрозварювання  
імені Є.О.Патона НАН України, м. Київ, [valpaton@ukr.net](mailto:valpaton@ukr.net)

Новиков С. В., пров. інженер,

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, [novykov76@ukr.net](mailto:novykov76@ukr.net)

## УСТАНОВКА ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ CO<sub>2</sub> З МЕХАНІЧНИМИ ПОПЕРЕЧНИМИ ГАРМОНІЧНИМИ КОЛИВАННЯМИ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ВАННИ

Для проведення досліджень технологічних можливостей та впливу гармонічних коливань зварювальної ванни з частотою до 4,5 Гц та амплітудним діапазоном 3 - 7 мм на мікроструктуру та службові властивості наплавленого металу, в ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАНУ було створено установку для зварювальних робіт у середовищі вуглекислого газу. Основним критеріями при створенні установки були доступність конструкційних вузлів, а також простота експлуатації та ремонту.

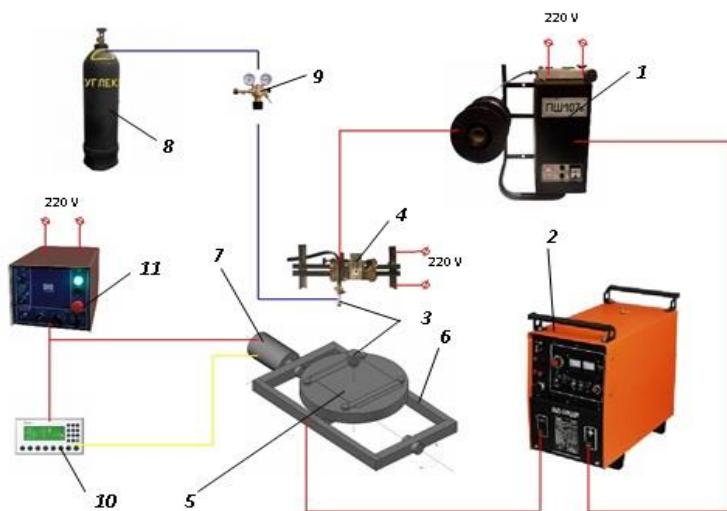


Рис. 1 – Структурна схема установки для наплавлення: 1 – півавтомат зварювальний; 2 – джерело живлення; 3 – зварювальний пальник; 4 – рухома станина; 5 – деталь що наплавляється; 6 – коливальний стіл; 7 – кроковий двигун; 8 – балон газовий; 9 – редуктор газовий; 10 – пульт керування; 11 – блок керування. Червона – силова магістраль; Блакитна – газова магістраль; Жовта – магістраль програмування

Подача електродного дроту діаметром 1,2 мм здійснюється за допомогою серійного півавтомата зварювального ПШ - 107В – 1 (рис.1), де подача зварювального дроту здійснюється чотирма приводними роликми з гладкими конічними канавками. Струм наплавлення регулювався швидкістю обертання роликів відповідними рукояткою та тумблером як дискретно, так і плавно, що розташовані на лицевій панелі півавтомату.

У якості джерела живлення 2 був обраний серійний випрямляч ВДГ - 506, що має задовільні динамічні властивості для забезпечення швидкості наростання дугової напруги при розмиканні зварювального ланцюга, а також оптимальної швидкості зміни зварювального струму під час короткого замикання.

Принцип роботи установки є наступним. Зварювальний пальник 3, що є закріплений на рухомій станині 4, переміщується вздовж зразка, що наплавляється 5. Електричне живлення півавтомату 1 та станини 4 здійснюється від центральної електричної мережі 220В через перетворювач напруги. Швидкість наплавлення являє собою горизонтальну швидкість переміщення рухомої станини, величина якої встановлюється та плавно регулюється відповідною рукояткою на лицевій панелі цієї станини. Зразок є закріплений на коливальному столі 6, коливання якого генеруються кроковим двигуном 7. Подача газу у зону дуги здійснювалась з газового балону 8, а витрати газу регулювалися редуктором 9.

Вал крокового двигуна 7 переміщується за дугою окружності з центром  $O$  на певний кут  $\alpha$  (рис. 2). Граничне значення кута  $\alpha$  визначало величину амплітуди коливання  $A$ .

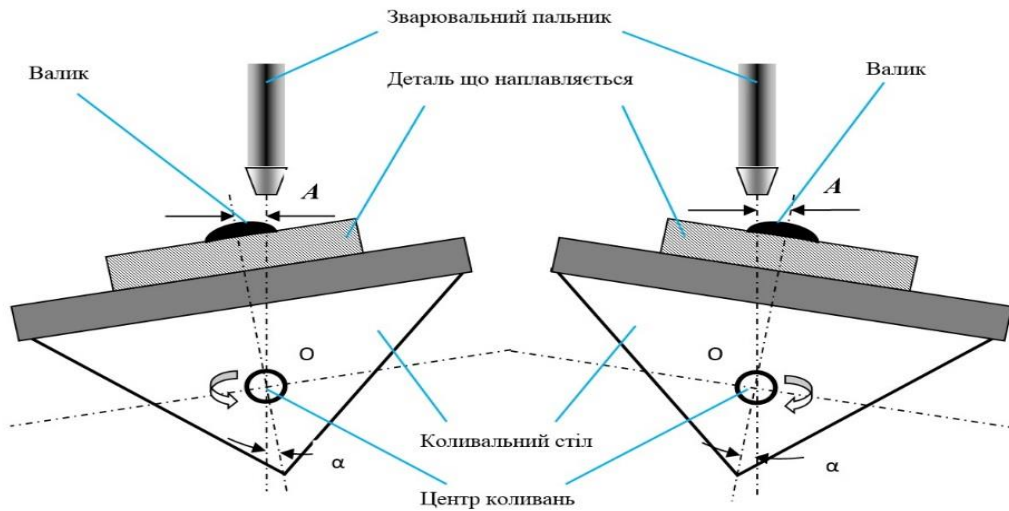


Рис. 2. – Схема поперечних коливань рухомого столу, де  $A$  – амплітуда коливань,  $\alpha$  – кут відхилення від осі наплавлення,  $O$  – центр коливань

Величина струму наплавлення контролювалась завдяки амперметру, що встановлений на лицевій панелі джерела живлення 2. Вибір та введення параметрів коливань – амплітуди і частоти здійснюється за допомогою пульта керування 10 марки Kinco MD 224L. Запуск крокового двигуна, його зупинка, контроль та обробка режиму роботи здійснюється відповідним блоком керування 11 на базі драйвера Kinco 2M880N та, відповідно, контролера Kinco – K306 – 24AT. Частота та амплітуда коливань задається робочими параметрами крокового двигуна:  $a$  – значення кутового прискорення в  $[imp/mc^2]$ ;  $imp$  – кількість мікроімпульсів повороту валу двигуна за такт;  $time$  – час між мікроімпульсами в  $[мс]$ .

Кроковий двигун 7 марки Kinco 2S86Q - 051F6 є серійним і був обраний за динамічним моментом коливальної системи з урахуванням статичної та динамічної складових за певної методикою [1].

Тип коливань, що реалізується даною установкою дозволяє не тільки впливати на мікроструктуру, але й контролювати масоперенос у зварювальну ванну та ширину наплавленого валику завдяки зміні довжини дуги, чому присвячено ряд робіт [2 - 4].

#### Список посилань

1. Лебедев В.А. Колебатель изделия для автоматической дуговой наплавки / В.А. Лебедев, С.В. Новиков // Технические науки та технології. – 2020. – № 2 (20). – С. 11 – 21. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-2\(20\)-11-21](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-2(20)-11-21)
2. Lebedev V.O., Novykov S.V. Influence of Weld Pool Low-Frequency Oscillations to Formation of Crystallites Size and Welded Metal Microstructure / V. O. Lebedev // Metallofiz. Noveishie Tekhnol. – 2022. – Vol. 44, No. 3. – P. 419 – 430. <https://doi.org/10.15407/mfint.44.03.0419>
3. Лебедев В.А. Влияние параметров колебаний сварочной ванны на частоту переноса электродного металла / В.А. Лебедев, С.В. Новиков // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем. Матеріали X - ї міжнародної науково – практичної конференції. Т1 – 2020, 29 – 30 квітня, 2020 р., Чернівці, Україна. – 252 с.
4. Lebedev V.A., Solomiichuk T.G., Novykov S.V. Study of a weld pool harmonic oscillations influence on the welded metal hardness and weld bead width / V. O. Lebedev // Journal of Engineering Sciences. – 2019. – Vol. 6, No. 1. – P. 16 – 21. [https://doi.org/10.21272/jes.2019.6\(1\).c4](https://doi.org/10.21272/jes.2019.6(1).c4)

УДК 533.924.620.18

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

Дослідно-конструкторсько-технологічне бюро Інституту електрозварювання  
імені Є.О.Патона НАН України, м. Київ, [valpaton@ukr.net](mailto:valpaton@ukr.net),

Спіхтаренко В.В., доцент,

Херсонський ННІ Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова,  
[vladimir.kherson11@gmail.com](mailto:vladimir.kherson11@gmail.com)

## ВРАХУВАННЯ ТЕРМІЧНОГО ЦИКЛУ ПРИ ПЛАЗМОВОМУ НАПИЛЕННІ

Інтенсифікація роботи машин змушує шукати та впроваджувати все більш ефективні та прогресивні технології відновлення та зміцнення деталей. У цьому відбувається розширення сфери застосування напилення сплавами що самофлюсуються. Найчастіше напилення проводиться плазмовим способом з супутнім одночасним оплавленням, так як цей процес найбільш продуктивний і дозволяє за певних умов отримати досить високі показники міцності зчеплення напиленого шару з підкладкою. При цьому покриття виходять досить густими з мінімальними включеннями. Важлива можливість процесу отримувати покриття на тонколистових деталях із мінімізацією або навіть виключенням деформацій виробу

Отримати покриття, виконане плазмовим напиленням з високими механічними властивостями без утворення наступних холодних тріщин, що ведуть до необхідності їх виправлення, можна при правильному виборі режиму процесу з урахуванням термічного циклу.

В даний час для розрахунку режимів плазмового напилення сплавами що самофлюсуються з одночасним оплавленням відсутні ефективні методики розрахунку основних параметрів процесу.

Зазвичай при виборі режимів напилення використовують таблиці в яких позначені параметри напилення залежно від напилюваного матеріалу (фізико-хімічні властивості), грануляції використовуваного порошку, від використання плазмоутворюючого газу, дистанції напилення та енергетичні характеристики. При аналізі цих параметрів можна побачити, що вони часто не співпадають один з одним. Вони не враховують матеріал підкладки, зокрема вміст вуглецю.

Можна зазначити, що початковий вибір параметрів при плазмовому напиленні виробляють на підставі табличних даних, а остаточний - у процесі експериментів або за результатами розрахунків термічного циклу напилення плазмового на конкретну сталь.

Оскільки середньовуглецеві сталі мають велику схильність до утворення холодних тріщин після напилення з оплавленням, то сам процес повинен проходити з підвищеною погонною енергією і, як правило, з попереднім підігрівом (для сталі 40Х температура підігріву  $T_{\text{під}} = 250-300^{\circ}\text{C}$ ). Це необхідно для зниження швидкості охолодження зони термічного впливу..

При плазмовому напиленні з одночасним оплавленням на середньовуглецеві низьколеговані сталі необхідно підібрати такий термічний цикл, який задовольняв би необхідним вимогам, що забезпечує якісне з'єднання нанесеного покриття з поверхнею..

Якщо напилення проводиться самофлюсуючим сплавом на основі Ni-Cr-B-Si (ПГ 10Н-01) з одночасним оплавленням (нагрів до  $950^{\circ}\text{C}$ ) нанесений шар забезпечує твердість HRC 55-62, але це гарантує від появи таких дефектів як холодних тріщин.

У Херсонському навчально-науковому інституті Національного університету кораблебудування імені запропоновано використовувати розрахункові методи вибору основних параметрів плазмового напилення з висновками, що дозволяють оцінити очікувану структуру за допомогою діаграми термокінетичного перетворення аустеніту.

Для прикладу наведемо розрахунки циклів напilenня за параметрами, представленими в табл. 1. Розрахунки виконувались у відповідності до відомих робіт, наприклад [1].

Таблиця 1 – Основні параметри процесу

| Режими напilenня | Струм I, А | Напруга U, В | Ефективна потужність, Вт |
|------------------|------------|--------------|--------------------------|
| 1                | 300        | 60           | 7200                     |
| 2                | 400        | 65           | 10400                    |
| 3 з підігрівом   | 400        | 65           | 10400                    |

Результати визначення температури циклу напilenня представлені в табл. 2

Таблиця 2 – Параметри циклів напilenня

| t, сек           | 0,1 | 0,5 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 100 | 200 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Режим 1<br>T, °C | 20  | 21  | 102 | 532 | 811 | 923 | 950 | 936 | 906 | 868 | 828 | 790 | 515 | 379 | 301 | 250 | 141 | 82  |
| Режим 2<br>T, °C | 20  | 21  | 109 | 547 | 821 | 927 | 950 | 934 | 901 | 862 | 822 | 782 | 508 | 373 | 296 | 247 | 139 | 81  |
| Режим 3<br>T, °C | 250 | 250 | 267 | 484 | 716 | 854 | 922 | 947 | 948 | 937 | 919 | 898 | 700 | 585 | 515 | 469 | 367 | 311 |

Для режиму 1 миттєва швидкість охолодження становитиме:  $\omega_{\text{охл}} = 29,4^\circ\text{C}/\text{с}$

Ця велика швидкість охолодження велика, метал підкладки має мартенситну структуру. Велика можливість утворення холодних тріщин. Підкладка має у своєму складі близько 93% мартенситу. Твердість близько 552 HV.

Для зниження миттєвої швидкості охолодження можна збільшити погонну енергію напilenня за рахунок збільшення струму та напруги.

Режим 2. миттєва швидкість охолодження  $\omega_{\text{охл}} = 20,35^\circ\text{C}/\text{с}$

При накладенні кривої охолодження на діаграму термодинамічного перетворення аустеніту [2] можна визначити, що за даних параметрів режиму не можна гарантувати якість напilenня, оскільки швидкість охолодження досить велика. У підкладці близько 85% мартенситу.

При режимі 3 ефективна теплова потужність режиму залишається такою, як і на режимі 2, але напilenня ведеться з попереднім підігрівом колінчастого валу. Для сталі 40X рекомендується температура попереднього підігріву  $T_{\text{під}} = 250^\circ\text{C}$ . Миттєва швидкість охолодження  $\omega_{\text{охл}} = 6,52^\circ\text{C}/\text{с}$ . У цьому випадку отримуємо прийнятну швидкість охолодження мартенситу близько 35%. Утворення гартувальних структур не відбувається. Отже, відсутня можливість утворення холодних тріщин. Режим 3 вважатиметься оптимальним для розглянутого процесу напilenня.

Результати роботи апробовані під час відновлення плазмовим напilenням колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання.

#### Список посилань

1. Рыкалин Н.Н. Расчёты тепловых процессов при сварке / Н.Н. Рыкалин – М. Госиздат научно-технической литературы. 1951. – 296 с.
2. Попов А.А. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита / А.А. Попов, Л.Е. Попова – Москва, 1991. – 500 с.

УДК 621.791.037

Лебедєв В. О., докт. техн. наук, професор,  
Дослідно-конструкторсько-технологічне бюро Інституту електрозварювання імені  
Є.О.Патона НАН України, м. Київ, [valpaton@ukr.net](mailto:valpaton@ukr.net)

## КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА МЕТАЛУ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ З МОДУЛЯЦІЄЮ РЕЖИМІВ

Однією з основних проблем електродугового зварювання та наплавлення електродним дротом є забезпечення таких властивостей шва та наплавленого валика, які дозволяють вирішити завдання зміцнення, необхідного для отримання необхідних експлуатаційних характеристик виробу в цілому.

Існує цілий ряд методів і способів підвищення експлуатаційних властивостей вузлів та деталей які зварюються чи наплавляються. Це використання певних матеріалів, впливу зовнішніх силових полів, використання певних можливостей зварювального обладнання, тощо [1].

Одним з основним методів впливу на характеристик міцності та інших характеристик є структура металу шва та навколо шовної дії

При створенні нових зразків зварювального обладнання фахівці приділяють переважно розробці конструкцій вузлів, використання яких призводить до підвищення меж міцності.  $\sigma_t$  і плинності  $\sigma_B$ , а також пластичності та в'язкості руйнування. При цьому можна відзначити, що деякі показники, зокрема показник плинності  $\sigma_B$  визначає і надійність конструкції.

Як відомо [2], фізико-механічні показники міцності металу, також, залежать від впливу техніко-технологічних дій в процесі зварювання

Системи, що становлять основу зварювального обладнання, є одними з найефективніших і найдешевших засобів вирішення задач структуризації металу шва. У цьому часом не потрібно створення нових технічних рішень, лише зміна алгоритму їх функціонування рахунок досить простих пристроїв управління. Це практично повною мірою відноситься до систем, що реалізують процеси модуляції зварювального струму, за рахунок імпульсної подачі електродного дроту і напруги зварювання з використанням джерела зварювального струму [3]. Найбільш ефективним може бути Частота модуляції не може перевищувати 5Гц, так як це обумовлено електромеханічними властивостями електродвигунів, які зазвичай застосовуються в системах подачі електродного дроту

Експериментальні порівняльні дослідження показують, що найбільш істотний вплив на міцність мають неметалеві та газові включення. Зниження їх вмісту дозволяє покращити експлуатаційні характеристики зварного з'єднання та наплавлених шарів. Це насамперед субструктурне зміцнення із зменшенням неметалевих та газових включень. Ефективність цього впливу показана в табл.1, де на основі аналізу поперечних шліфів зроблено порівняльну середню оцінку неметалічних і газових включень у металі шва при зварюванні-наплавці під флюсом. При цьому частка неметалічних і газових включень може бути знижена до 25%, що, природно, підвищує характеристики зварного з'єднання.

Таблиця 1. – Неметалічні та газові включення в металі наплавленого валика

| Неметалічні та газові включення в металі наплавленого валика | Об'ємна частка включень, % | Частка газових включень, % |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Стаціонарний режим                                           | 0,75                       | 0,129                      |
| Режим із модуляцією параметрів                               | 0,65                       | 0,097                      |

Найважливішим ефектом, якого можна досягти, використовуючи модульовані режими роботи полягає у створенні та використанні полікристалічних ефектів на основі подрібнення розмірів зерна та загальної зміни структури всього складу зерен та їх меж. Тут можна говорити про деяку дезорієнтацію зерен – кристалітів. На рис. 2 представлені розміри кристалітів  $l_c$  в різних зонах наплавленого валика, використовувалися режими: а) – без модуляції; б) і с) – з модуляцією режимів на частотах 1,1Гц та 2.5Гц відповідно.

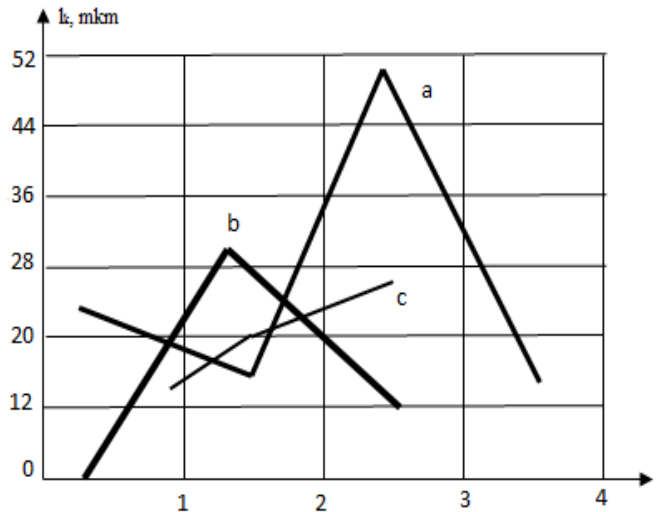


Рис. 2 – Ширина кристалітів: 1 – корінь шва; 2 – середина шва; 3 – верх шва

В даному випадку все це, на нашу думку, обумовлено теплофізичними характеристиками відповідного електродугового процесу в поєднанні з механічним впливом від електродного дроту, які суттєво впливають як на розміри кристалітів, так і на їх дезорієнтування в структурі металу. Що зрештою позитивно позначається на механічних властивостях швів та біля шовних зон, зокрема міцності. Це також відзначено в роботі [3] та низці інших робіт.

Деякі результати порівняльних досліджень при наплавленні легованої сталі електродними порошковими самозахисними дротами представлені в табл.2, при цьому відповідні вимірювання проводилися за великою кількістю зразків, а потім результати усереднювалися.

Таблиця 2 – Результати дослідження механічних властивостей

| Спосіб зварювання  | Механічні властивості зразків у центрі шва |                         |                       |                                                                         |
|--------------------|--------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|                    | Механічні властивості (середнє значення)   |                         |                       |                                                                         |
|                    | Межа плинності<br>кГс/мм                   | Тимчасовий опір розриву | Відносне подовження % | Ударна в'язкість<br>Дж/см <sup>2</sup> за температури 20 <sup>0</sup> С |
| Стаціонарна дуга   | 308                                        | 461                     | 28,3                  | 100                                                                     |
| Модульований режим | 316                                        | 472                     | 28,9                  | 126                                                                     |

Помітно покращення механічних властивостей наплавлення при застосуванні модульованих процесів.

#### Список посилань

1. Патон Б.Е. Избранные труды. – Киев: Институт электросварки им. Е.О. Патона, 2008. – 896 с.
2. Применение импульсных воздействий при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов / В.А. Лебедев, С.В. Драган, Г.В. Жук, С.В. Новиков, И.В. Симутенков // Автоматическая сварка, 2019. – № 8. – С. 30-40.
3. Козлов Э.В. Измельчение размера зерна как основной ресурс повышения предела текучести / Э.В. Козлов, А.Н. Жданов, Н.А. Конева. // Вестник ТГУ, т.8. – вып.4 – 2003. – с. 509-513.

УДК 621.791.01.6

Болотов Г.П., докт. техн. наук, професор,  
Болотов М.Г., канд. техн. наук, доцент,  
Руденко М.М., ст. викладач

Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, [bolotovgp@gmail.com](mailto:bolotovgp@gmail.com)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТИСКУ ГАЗУ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ В УМОВАХ ЗВАРЮВАННЯ

На даний час у машинобудуванні отримав поширення один з перспективних способів зварювання тиском – дифузійне зварювання, що здійснюється у твердому стані і дозволяє отримувати зварні вузли складної форми при значній площі з'єднаних поверхонь.

Для дифузійного зварювання застосовують різні види джерел нагріву, що відрізняються способами перетворення електричної енергії у теплову, інтенсивністю та локальністю нагріву. Одним з таких джерел є тліючий розряд, що має певні технологічні переваги перед іншими способами нагріву.

Суттєвим недоліком тліючого розряду є нестабільність газорозрядної плазми, що призводить до переходу її у дуговий розряд. Утворення дугового розряду супроводжується перегрівом і оплавленням окремих ділянок оброблюваних деталей в процесі зварювання.

Нагрів тліючим розрядом є багатофакторним процесом і характеризується цілою низкою параметрів, зокрема: струмом розряду, міжелектродною відстанню, родом і тиском газу, характеристиками виробу, який в даному випадку є катодом тліючого розряду.

Продуктивність та ефективність іонного нагріву при зварюванні у значній мірі визначається тиском газу у робочій камері, що викликано його суттєвим впливом на густину енергії у катодній плямі розряду, де електрична енергія розряду перетворюється у теплову на поверхні виробу.

В зв'язку з цим, підвищення продуктивності іонного нагріву вимагає визначення залежності граничних значень тиску газу від умов зварювання, а також, можливих шляхів підвищення припустимої густини струму у тліючому розряді, що і визначило мету роботи.

У експериментах у якості катоду застосовували циліндричні зразки, кільцевий анод встановлювали еквідистантно поверхні катоду. Вважали, що факторами, здатними обмежувати граничні значення тиску газу  $P_{кр}$  при зварюванні в тліючому розряді є:

- а) параметри режиму нагріву: струм розряду, міжелектродна відстань;
- б) характеристики захисного газового середовища;
- в) характеристики катоду (зварюваних заготовок): робота виходу електронів з його поверхні, теплопровідність матеріалу, маса, якість механічної обробки бічної поверхні та температура нагріву.

Оцінку залежності граничної величини тиску газу від різних факторів проводили експериментально на сталевих зразках (катадах) до моменту появи нестабільностей тліючого розряду, що характеризувались короткочасними переходами тліючого розряду у дуговий режим. В першу чергу визначали границю стійкості тліючого розряду у функції від параметрів режиму нагріву.

Результати експериментів по визначенню залежності величини  $P_{кр}$  від значень розрядного струму свідчать, що підвищення струму призводить до деякого зниження граничних значень тиску. Це може бути викликано тим, що при тисках газу вище 5...6 кПа спостерігається відхилення від закону Геля – закону пропорційного зв'язку величини струму розряду і площі катодної плями.

Оцінку залежності граничних значень тиску газу від міжелектродної відстані проводили при незмінному розрядному струмі. В цьому випадку збільшення міжелектродної відстані,

призводячи до деякого зниження густини струму у катодній плямі, водночас обмежує значення  $R_{кр}$  внаслідок утворення термічної нестабільності позитивного стовпа.

Род газу суттєво впливає на величину  $R_{кр}$ . Результати експериментів свідчать, що найбільша величина граничних значень тиску газу відповідає атмосфері гелію, а найменша – азоту. Це узгоджується із величиною нормальної густини струму розряду  $j_{но}$ . Для гелію  $j_{но} = 1,26$ , азоту  $j_{но} = 226$ , тобто із ростом тиску газу густина струму у катодній плямі розряду найбільш швидко досягає граничних значень саме у азоті.

Характеристики катоду, в першу чергу теплофізичні, також оказують вплив на величину  $R_{кр}$ , однак досить незначний.

Показана суттєва роль шорсткості поверхонь заготовок в обмеженні густини струму в катодній плямі тліючого розряду, яка задається тиском газу у робочому об'ємі.

Результати вимірювань величини  $R_{кр}$  при різній температурі катоду свідчать, що із ростом температури останнього діапазон тисків газу, при яких існує тліючий розряд, звужується. Це викликано тим, що із ростом температури підвищується енергія електронів у приповерхневих шарах катоду, полегшуються умови їх виходу, зростає струм електронної емісії з катоду, що призводить до переходу тліючого розряду у дуговий.

Оцінку залежності величини  $R_{кр}$  від геометричних характеристик катоду здійснювали шляхом нагріву сталевих пластин різної товщини (від 0,004 до 0,02 м) і маси (0,4...2,0 кг). Як показують результати, при зменшенні габаритів і маси катоду тиск  $R_{кр}$  і, відповідно, створювана ним густина струму в розряді в деякій мірі залежать від масо-габаритних характеристик зварюваних виробів.

Залежність граничних, з точки зору стабільності тліючого розряду, значень тиску газу від досить значної кількості параметрів режиму його горіння, обмежують можливість встановлювати його оптимальні значення. Для визначення величини тиску газу у робочій камері при зварюванні в тліючому розряді застосовували метод планування експерименту.

Для побудови регресійної моделі був прийнятий повний факторний експеримент, функцією відгуку якого було значення тиску газу  $p_{кр}$ , при якому тліючий розряд переходив у дуговий. У дослідженні розглядали вплив чотирьох незалежних факторів:

$x_1$  – струм розряду  $I_p$ , А;

$x_2$  – газове середовище, яке характеризувалось значенням нормальної густини струму  $j_{но}$ ,

$x_3$  – шорсткість поверхні катоду  $R_z$ , мкм;

$x_4$  – міжелектродна відстань  $l$ , см

В результаті проведення експериментів, обчислення коефіцієнтів регресії та оцінки їх значимості отримано рівняння регресійної моделі у вигляді

$$y = 12,1 - 2,14x_1 - 3,36x_2 - 1,64x_3 - 1,18x_4$$

УДК 621.793

**Волос О.В., мол. наук. співробітник**

Інститут Електрозварювання ім. Е. О. Патона НАН України, м. Київ,

[alessandrovolos35@gmail.com](mailto:alessandrovolos35@gmail.com)

## **МАГНЕТРОННЕ НАНЕСЕННЯ НАНОКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ nc-TiC/a-C ТА CN<sub>x</sub>**

Однією з поточних задач інженерії поверхні є розробка технологій осаджування нанокompозитних покриттів з різними робочими характеристиками. Для осаджування TiC/C і CN<sub>x</sub> використовували систему з двох магнітних розпилювальних пристроїв з графітовою та титановою мішенями. Проведені дослідження умов отримання покриття

TiC/C з регульованим вмістом вуглецю, який змінюється від 42 до 70 ат. %. Показано, що при вмісті вуглецю в межах 42-54 ат. % покриття складається з нанорозмірних кристалів TiC, впроваджених в аморфну матрицю вуглецю. Розмір зерна TiC зменшується від 5,3 - 10,2 до 2,9-4,3 нм із збільшенням вмісту вуглецю в покритті від 42 до 54 ат. %.

Визначено вплив карбідних підшарів на властивості покриття. Зокрема, при використанні підшару WC-6Co, нанесеного на зразок зі сталі 40X методом детонаційного напилення, у випадку покриття nc-TiC/a-C товщиною 2,8 – 3,1 мкм була отримана найвища твердість 38 ГПа при модулі пружності 45 ГПа.

Осадження покриття CNx проводилося на зразки зі сталі 08X18H10T і титану VT1-0. Для збільшення товщини покриття CNx на основу наносили підшар Ti і перехідний шар TiCN. Досліджено вплив на структуру покриття тиску газу (p) суміші Ag/N<sub>2</sub> та об'ємної концентрації в азоті C, температури основи (T<sub>осн.</sub>), напруги зміщення U<sub>зм.</sub>. Встановлено, що структура покриття являє собою аморфну розпорядковану графітоподібну структуру з sp<sup>3</sup>, sp<sup>2</sup> - і sp<sup>1</sup> – електронними зв'язками вуглецю. Найбільш впорядкована структура спостерігається у покриттях CNx, осаджених на зразки із титану при p = 0,35 Па, C = 40 %, T<sub>осн.</sub> = 130 °C, U<sub>зм.Ti</sub> = -300 В, U<sub>зм.TiCN</sub> = -1000 В, U<sub>зм.CNx</sub> = 0 В. Механічні випробування показали, що покриття CNx, отримані при цих умовах осаджування, мали найбільші величини твердості H = 15 ГПа, наведеної твердості H/E\* = 0,131, пружного відновлення W<sub>e</sub> = 87,3 %.

УДК 621.791.92

**Пулька Ч.В., докт. техн. наук, професор,**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль,

**Макаренко Н.О., докт. техн. наук, професор,**

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ,

**Підгурський М.І., докт. техн. наук, професор,**

**Сенчишин В.С., канд. техн. наук,**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль,

[Viktor.Synchysyn@i.ua](mailto:Viktor.Synchysyn@i.ua)

## **ЗАСТОСУВАННЯ ВІБРАЦІЇ ПРИ ІНДУКЦІЙНОМУ НАПЛАВЛЕННІ**

У сільському господарстві в якості робочих органів ґрунтообробних машин застосовують тонкі плоскі деталі, які в процесі експлуатації взаємодіють з ґрунтом та рослинами. Така взаємодія призводить до їх зношування, а також до втрати різальних властивостей. Тому, при виготовленні такого типу деталей здійснюють зміцнення їх робочих поверхонь різними методами. Найбільш ефективними є методи наплавлення різними зносостійкими матеріалами, а також застосування віброоброблення наплавлених поверхонь. Це здійснюється з метою підвищення експлуатаційних властивостей та процесу самозагострювання в процесі роботи, оскільки основний метал забезпечує міцнісні характеристики робочого органу, а плакуючий (наплавлений) – різальні властивості.

У роботі [1] описано способи наплавлення які широко застосовуються при зміцненні робочих органів деталей ґрунтообробних машин. Згідно проведеного аналізу, одним із найбільш ефективних способів є індукційне наплавлення порошкоподібними твердими сплавами.

Існуючі на даний час методи підвищення зносостійкості наплавлювальних сплавів передбачають наявність у структурі великої кількості твердої фази, а саме: карбідів, боридів, силіцидів, силікокарбоборидів, інтерметалідів і інших. При цьому розміри надлишкових зміцнюючих фаз знаходяться у діапазоні від 180 мкм до 40 мкм, і в подрібненому вигляді за рахунок легування модифікаторами близько 30-20 мкм [2].

Відомі методи модифікування сплавів рідкоземельними металами типу церій, ітрій і інші, які дозволяють подрібнити структуру металу, проте і цей ефект при використанні в гетерогенних зносостійких сплавах з великим змістом твердої фази не завжди дає позитивний ефект. Враховуючи той факт, що кількість зміцнюючої фази в гетерогенних сплавах досягає 80%, при агрегатній твердості 65-68 HRC, і діапазоні мікротвердості від 10 до 30 ГПа, стає очевидним, що ці матеріали мають підвищену крихкість, та за наявності навіть незначних ударних локальних навантажень можливі сколювання мікрооб'ємів металу з поверхні і зниження зносостійкості. Тому легування чи модифікування як метод зміни та подрібнення структурно-фазового стану наплавлених сплавів практично себе вичерпав. Головним чином це пов'язано з тим, що одночасно високу зносостійкість та підвищену технологічність твердих наплавлених гетерогенних сплавів можливо отримати тільки за умов ультрадисперсного подрібнення надлишкових вкраплень карбідів, боридів та інших твердих хімічних сполук до розмірів 0,5-0,005 мкм [2].

Як показано в працях [3, 4] дія ультразвуку призводить до наступних змін структури: зменшення середньої величини зерна, усунення стовпчастої структури і утворення рівноважного зерна, підвищення однорідності зливка, зменшення міри розвитку лікваційних процесів, більш рівномірного розподілу неметалічних включень у всьому об'ємі зливка. Таким чином, проблема розробки технології та алгоритму ультрадисперсного подрібнення є актуальною на даний час, а використання ультразвукових технологій дозволить підвищити однорідність структури разом з подрібненням структури наплавленого металу, що забезпечить підвищені міцнісні характеристики і високу зносостійкість сплаву.

У роботі [5] розроблено алгоритм та реалізовано аналітично-імітаційну модель, що дозволяє прогнозувати структуру наплавленого металу під дією ультразвукових коливань. Аналіз розробленої моделі дозволив встановити, що зміна кількості і діаметру зерен відбувається найбільш інтенсивно в початковий момент кристалізації, а за рахунок варіювання технологічних параметрів коливання середній діаметр подрібнених структурно-фазових складових може змінюватись у діапазоні 0,25-0,005 мкм.

У даний час не існує однозначної думки про вплив вібрації на процес кристалізації розплаву. З аналізу літературних джерел [6-7] випливає, що вібраційна обробка розплаву призводить до інтенсивного зародження нових кристалів. При цьому розглядають два основних механізми динамічного зародження кристалів під дією вібрації. У першому випадку – в рідині протікає процес спонтанного зародження кристалів, зумовленого переохолодженням. У другому випадку – під дією вібрації різко зростає число кристалів у твердіючій рідині за рахунок подрібнення вже існуючих кристалів.

З метою підвищення ефективності застосування способу індукційного наплавлення запропоновано застосування механічної вібрації в процесі наплавлення [8]

З усіх теорій, що розглядають процес спонтанного зародження кристалів під дією вібрації, для низькочастотної вібрації можна виділити теорію, представлену в роботах В.М. Говоркова і К.Н. Шабаліна [9]. Відповідно до цієї теорії при динамічному впливі вібрації на розплав, зародки внаслідок більшої щільності в порівнянні з рідким металом отримують відмінні від нього прискорення і повинні бути вибиті з тих місць, де вони виникли. Інерційне зміщення зародків супроводжується руйнуванням бар'єрів, які з'являються при їх виникненні. Виділяють два типи бар'єрів: перший, тепловий бар'єр, утворюється за рахунок виділення теплоти кристалізації при формуванні зародку; другий, концентраційний бар'єр, утворюється за рахунок домішок і компонентів, які не увійшли до решітки зародку. При вібрації зародки вириваються з бар'єрів, що перешкоджають їхньому росту, і потрапляють в ділянки з вихідною температурою, що дозволяє їм зберегтися і рости до стійких розмірів. Зростання цього може відбуватися як в результаті молекулярного

нарощування поверхневих шарів, так, можливо, і при зіткненні і зрощуванні подібних первинних утворень один з одним.

На основі розробленої аналітично-математичної моделі та проведених експериментальних досліджень [8, 10] показано, що застосування вібрації в процесі індукційного наплавлення призводить до подрібнення структурних складових наплавленого металу та підвищення зносостійкості в 1,5 рази.

#### Список посилань

1. Сенчишин В.С. Современные методы наплавки рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных сельскохозяйственных машин (обзор) / В.С. Сенчишин, Ч.В. Пулька // Автоматическая сварка. 2012. – №9. – С. 48–54.
2. Попов С.М. Триботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні / С.Н. Попов, Д.А. Антонюк, В.В. Нетребко // Навчальний посібник. – Запоріжжя: ВАТ «Мотор Січ», 2010. – 368 с.
3. Гуревич Я.Б. Влияние ультразвука на структуру и свойства стали / Я.Б. Гуревич, В.И. Леонтьев, И.И. Теумин // Сталь. – 1966. – №9.
4. Розенберг Л.Д. Физические основы ультразвуковой технологии / Под ред. проф. Л.Д. Розенберга. – М., 1970 – 685 с.
5. Попов С.Н. Модель росту центрів кристалізації при ультразвуковому подрібненні зміцнюючої фази твердих наплавлених сплавів / С.Н. Попов // Вісник НТУ «ХП». – 2013. – №38(1011). – С.15-21.
6. Сутырин Г.В. О влиянии вибрации низкой частоты на скорость зарождения центров кристаллизации / Г.В. Сутырин // Известия АН СССР. Металлы. – 1977. – № 4. – С. 108–110.
7. Термодинамический анализ условий зарождения и роста кристаллов при виброобработке // Черная металлургия. – 1989. – №9. – С. 27.
8. Пулька Ч.В. Влияние вибраций детали в процессе наплавки на структуру и свойства металла / Ч.В. Пулька, О.М. Шаблій, В.С. Сенчишин та ін. // Автоматическая сварка. – 2012. – № 1. – С. 27–29.
9. Говорков В.М., Шебалин К.Н. Влияние вибрации на затвердевание металлов / В.М. Говорков, К.Н. Шебалин. ЖТФ. – 1954, т. 24. – вып. 2, – С. 41–48.
10. Сенчишин В.С. Расчет размеров структурных составляющих наплавленного индукционным способом металла с наложением механической вибрации / В.С. Сенчишин, Ч.В. Пулька // Автоматическая сварка. – 2015. – №8. – С. 34–37.

УДК 621.793.620.172

**Смирнов І.В., докт. техн. наук, професор**

**Лопата О.В., аспірант**

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ,

[smirnovkpi@gmail.com](mailto:smirnovkpi@gmail.com),

**Зінковський А.П., член-кор. НАН України, докт. техн. наук, професор**

**Лопата Л.А. канд. техн. наук, доцент**

**Кобзарь В.Л., аспірант**

Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ, [beryuza@ukr.net](mailto:beryuza@ukr.net)

#### **АДГЕЗІЙНА МІЦНІСТЬ ТА ЗАЛИШКОВІ НАПРУЖЕННЯ В ПОКРИТТЯХ, ОТРИМАННИХ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ МЕТОДОМ**

**Вступ.** Покриття, отримані електроконтактним методом, на відміну від більшості покриттів, характеризуються товщинами 3мм і більше при хорошій адгезійній міцності [1]. Напруження в покритті можуть бути як наслідком технології їх нанесення (залишкові напруження), так і виникати в результаті експлуатаційного навантаження [2]. З аналізу роботи [3] випливає, що найбільш виражена форма прояву залишкових напружень - це залежність міцності зчеплення ( $\tau_{зч}$ ) від товщини покриття ( $h$ ). Як правило, залишкові

напруження не дозволяють збільшити товщину покриття до необхідного розміру [2]. Критична товщина покриття обмежена та залежить від номінальної міцності зчеплення [3].

**Метою** роботи є оцінка залишкових напружень у покриттях, отриманих електроконтактним методом, а також обґрунтування високої адгезійної міцності системи "основа - покриття" в умовах спільної дії експлуатаційних та залишкових напружень.

**Оцінка залишкової напружень методом графічного диференціювання.** З критерію рівномірності [4], замінивши когезійну міцність, викликану деформацією основи, еквівалентним залишковим напруженням  $\sigma_n^{зал.}$ , легко отримати критичну товщину покриття  $h_{кр}$  під дією залишкових напружень з умови самовідшарування:

$$h_{кр} = \frac{\tau_{зч}}{\sigma_n^{зал.}} \frac{1}{kthkl} \quad (1)$$

де  $\tau_{зч}$  – міцність адгезійного зв'язку;

$2l$  – базовий розмір;

$k$  – коефіцієнт, що залежить від співвідношення пружних та геометричних параметрів системи "основа - покриття".

Запишемо вираз (1) як:

$$\sigma_n^{зал.} = \frac{\tau_{зч}}{h} \frac{1}{kthkl} \quad (2)$$

Можна зробити висновок, що залишкові напруження в покритті характеризується тангенсом кута нахилу експериментальної кривої залежності міцності зчеплення при зсуві від товщини покриття.

Проаналізуємо залежність  $\tau_{зч}=f(h)$  для покриття із самофлюсуючого сплаву на основі нікелю ПГ - С1, отриманого електроконтактним методом ( $E = 2,4 \cdot 10^5$  МПа,  $G = 0,94 \cdot 10^5$  МПа), нанесеного на основу із сталі 45. Режимі нанесення: сила струму  $I = 10$  кА; час імпульсу  $t_i = 0,04$ ; час паузи  $t_n = 0,04$ ; тиск на електроді  $P = 40$  МПа.

Аналіз експериментальної залежності показує, що для покриття спостерігається стабілізація міцності адгезійного зв'язку зі зростанням його товщини (рис. 1).

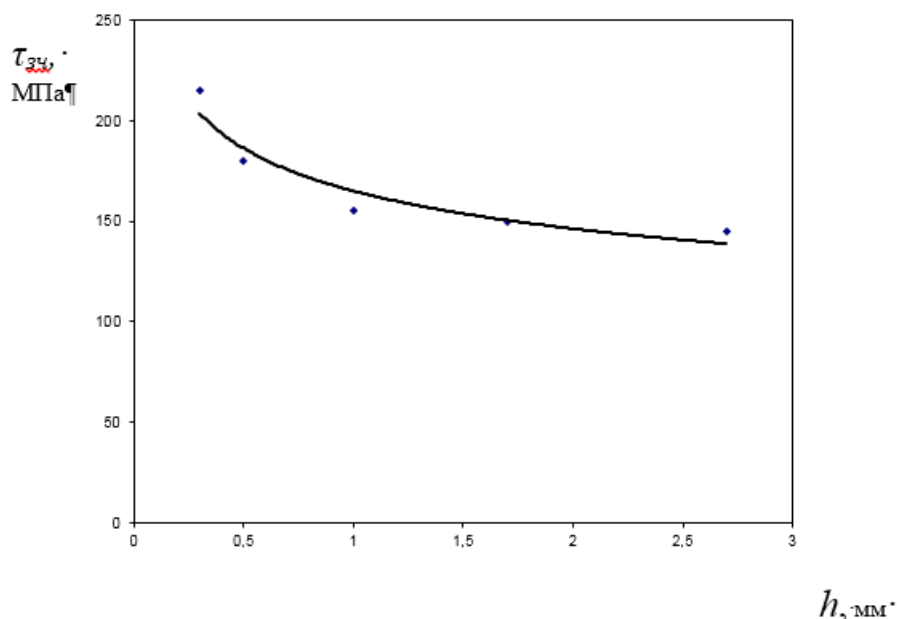


Рис. 1 – Залежність міцності адгезійного зв'язку від товщини покриття зі сплаву, що самофлюсується, на основі нікелю ПГС-1, отриманого електроконтактним методом

Застосування методу графічного диференціювання залежності  $\tau_{34}=f(h)$  з урахуванням поправочного коефіцієнта  $1/kthkl$  дозволяє оцінити рівень залишкових напружень в покритті та показати, що зростання товщини покриття призводить до зниження середнього значення залишкових напружень аж до асимптотичного мінімального значення (рис. 2).

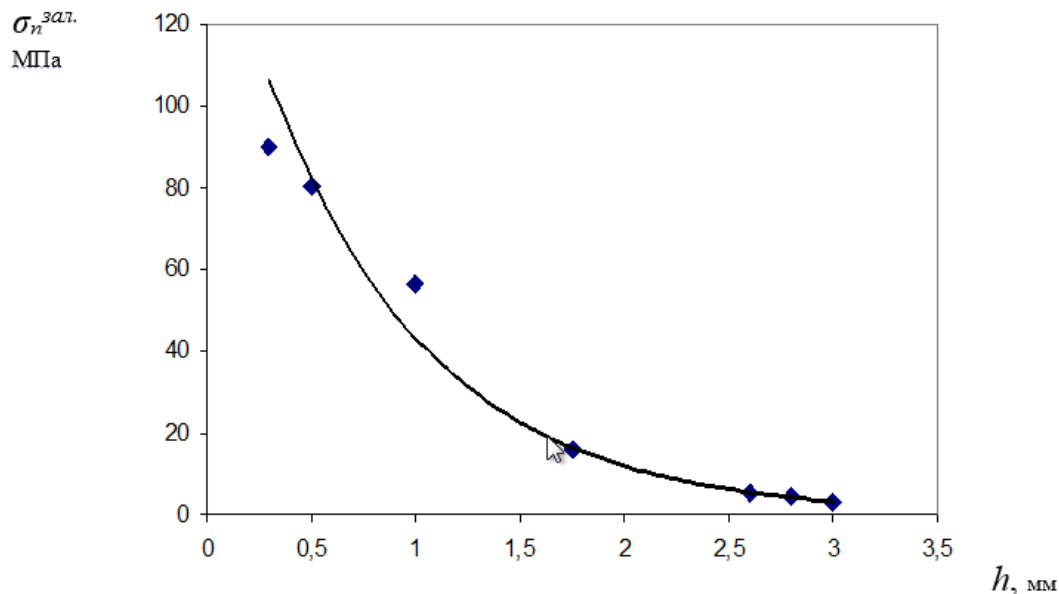


Рис. 2 – Залежність залишкових напружень від товщини покриття з сплаву, що самофлюсується, на основі нікелю ПГ-С1, отриманого електроконтактним методом.

**Висновок.** Методом графічного диференціювання експериментальної залежності адгезійної міцності від товщини покриття визначено залишкові напруження в покриттях, отриманих електроконтактним методом. За принципом еквівалентності залишкових напружень та критичної деформації основи при відшаруванні покриття встановлено функціональний зв'язок адгезійної міцності, товщини покриття, критичної деформації основи та залишкових напружень. Ця залежність дозволяє визначити характеристики «основа-покриття» для умов експлуатації

#### Список посилань

1. Лопата Л.А. Создание износостойких композиционных покрытий на основе порошков самофлюсующихся сплавов электроконтактным припеканием / Л.А. Лопата В.Я. Николайчук, В.Н. Барановский // Международный научный журнал «Проблемы трибологии» (Problems of Tribology). – 2015. – №4(78) – С.92-98. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2020-95-1-41-48>
2. Сорока Е.Б., Остаточные напряжения при упрочнении деталей электроконтактным припеканием / Е.Б. Сорока, В.Н. Яропуд, Л.А. Лопата // Всеукраїнський науково-технічний журнал: Вібрації в техніці та технологіях. – 2010. – № 1(57). – С. 98-103. ISBN 5-77639123.
3. Лопата Л.А. Адгезионная прочность и остаточные напряжения при электроконтактном припекании порошковых покрытий / Л.А. Лопата // Международный научно-технический журнал Проблемы прочности «Strength of Materials». – 2010. – №4. – С. 41-77. ISSN 0556-171X.
4. Лопата Л.А. Условие адгезионно-когезионной равнопрочности покрытий при упрочнении деталей машин электроконтактным припеканием / Л.А. Лопата, Н.А. Долгов, Е.Е. Кожевникова // Збірник наукових праць “Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин” – Кіровоград: КДТУ. – 2010. – № 40, часть 2. – С. 117-124. ISSN 2664-262X

УДК 621.793.7

Калюжний С.М., мол. наук. співробітник  
 Войнарович С.Г., канд. техн. наук, стар. наук. співробітник  
 Кислиця О.М., канд. техн. наук, стар. наук. співробітник

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ, [serg3319@ukr.net](mailto:serg3319@ukr.net)

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ РОЗПИЛЮВАНОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ МІКРОПЛАЗМОВОМУ НАНЕСЕННІ БІОСУМІСНОГО ПОКРИТТЯ ІЗ ЦИРКОНІЄВОГО СПЛАВУ КТЦ-110

Можливості використання методів плазмового напилення для отримання покриттів медичного призначення активно досліджуються в усьому світі [1]. В даний час з'являється все більше досліджень застосування цирконію і його сплавів в якості матеріалу для покриттів на поверхнях імплантатів та ендопротезів. Цирконієві сплави володіють високими фізико-механічними показниками, біосумісністю, корозійною стійкістю та рідше викликають реакції відторгнення у пацієнтів [2].

Одним з основних показників ефективності процесу плазмового напилення покриттів є коефіцієнт використання матеріалу (КВМ). КВМ представляє собою відношення маси отриманого покриття до маси поданого в плазмовий струмінь розпилюваного матеріалу, що також характеризує ефективність процесу напилення. Дані втрати напилюваного матеріалу в процесі плазмового напилення виникають за рахунок розбризкування, випаровування і відскоку диспергованих частинок від підкладки. Також, у разі нанесення покриттів на деталі малих розмірів, коли розмір плями напилення перевищують розмір напилюваної поверхні, з'являються втрати напилюваного матеріалу пов'язані з геометричним фактором. Підвищення ефективності використання напилюваного матеріалу газотермічними методами, можливе із застосуванням технології мікроплазмового напилення (МПН) [3], за рахунок малого діаметру плями напилення, що дозволить значно зменшити втрати напилюваного матеріалу, у випадку формування покриттів на малорозмірних деталях, в порівнянні із традиційним плазмовим напиленням.

Метою даного дослідження є встановлення закономірності впливу на КВМ основних параметрів МПН Zr-дроту, а також проаналізувати залежності втрат напилюваного матеріалу від розмірів напилюваного виробу. Для аналізу втрат матеріалу пов'язаних з геометричним фактором та КВМ проводили дослідження із застосуванням багатофакторного експерименту з дробовими репліками  $2^{4-1}$ . Для розпилення Zr-дроту із сплаву марки КТЦ-110 діаметром (0,3)мм, на підкладку із сталі Ст3 розміром 30×30 мм завтовшки 1,3мм використовували установку мікроплазмового напилення МПН-004. Розпилення Zr-дроту проводили згідно матриці режимних параметрів приведених в табл. 1. Таблиця 1 – Показники КВМ та параметри фігури металізації в залежності від режиму МПН Zr-дроту.

| Режим | Параметри напилення |                                   |                        |                           |                                        | КВМ, (%)          |               | Параметри фігури металізації |              |
|-------|---------------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------------------|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|
|       | Сила струму I, А    | Витрата газу                      |                        | Дистанція напилення Н, мм | Швидкість подачі дроту $V_{др}$ , м/хв | Експериментальний | Розрахунковий | Висота h, мм                 | Ширина L, мм |
|       |                     | Плазموутворюючого $G_{пл}$ , л/хв | Захисного $G_z$ , л/хв |                           |                                        |                   |               |                              |              |
| 1     | 26                  | 4                                 | 10                     | 80                        | 4,8                                    | 85                | 85            | 1,25                         | 11,3         |
| 2     | 26                  | 4                                 | 10                     | 40                        | 2,9                                    | 91                | 89            | 2,10                         | 8,5          |
| 3     | 26                  | 2,6                               | 10                     | 80                        | 2,9                                    | 91                | 91            | 1,60                         | 9,5          |
| 4     | 26                  | 2,6                               | 10                     | 40                        | 4,8                                    | 91                | 92            | 5,23                         | 7,2          |
| 5     | 16                  | 4                                 | 10                     | 80                        | 2,9                                    | 88                | 88            | 1,27                         | 10,0         |
| 6     | 16                  | 4                                 | 10                     | 40                        | 4,8                                    | 90                | 89            | 4,41                         | 7,8          |
| 7     | 16                  | 2,6                               | 10                     | 80                        | 4,8                                    | 94                | 92            | 2,67                         | 10,0         |
| 8     | 16                  | 2,6                               | 10                     | 40                        | 2,9                                    | 95                | 95            | 2,58                         | 8,6          |

Коефіцієнт використання матеріалу визначали за формулою:

$$KBM = \frac{m_p}{m_{др}} \cdot 100 \quad (1)$$

де  $m_p$  – маса покриття;

$m_{др}$  – маса поданого дроту.

Для оцінки впливу кожного режимного параметра МПН на величину KBM була отримана регресійна залежність:

$$KBM_{Zr} = 111,67 - 0,19 \cdot I - 0,06 \cdot G_{пл} - 0,06 \cdot H - 0,73 \cdot V_{др} \quad (2)$$

Найбільший вплив на KBM надають такі параметри МПН, як сила струму та витрата плазмоутворюючого газу. Дані параметри є основними для забезпечення розпилення цирконієвого дроту, а саме плавлення та диспергування цирконієвого сплаву з наданням прискорення розплавленим частинкам. У досліджуваних діапазонах режимних параметрів МПН (таблиця 1) цирконієвого сплаву КТЦ-110, максимальне значення KBM = 95%, та було отримано на режимі №8.

Дослідження втрат напилюваного матеріалу пов'язаних з геометричним фактором проводили із застосуванням макрозйомки та отриманням зображення фігур металізації, як показано на рис. 1 для режиму №4. Отримані профілі фігур металізації були описані розподілом Гауса (формула 3) та побудовані співпадаючі з ними криві рис. 1 (б), (коефіцієнт кореляції знаходився в межах 0,98...0,99). По отриманим описуючим кривим профілю металізації проведені розрахунки втрат матеріалу пов'язаних з геометричним фактором в залежності від режимних параметрів МПН (таблиця 1).

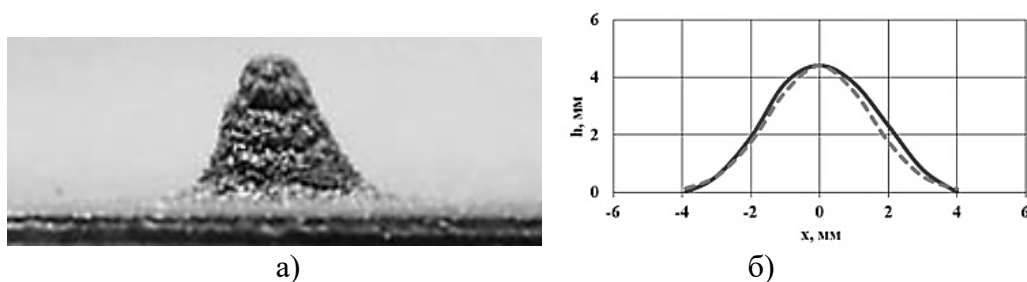


Рис. 1 – Фігура металізації отримана розпиленням цирконієвого дроту методом МПН на режимі №4 та її профіль поперечного перерізу: — — експериментальний профіль отриманий при МПН (таблиця 1); — — графік нормального Гаусівського розподілу.

$$y = 4,41 \times e^{-0,23x^2} \quad (3)$$

Отримані геометричні розміри профілів плям напилення показали, що при МПН Zr сплаву КТЦ-110 висота фігур металізації знаходиться в діапазоні 1,25...5,23 мм, а діаметр плями напилення в межах 7,2...11,3 мм. Втрати напилюваного Zr сплаву КТЦ-110, що пов'язані з геометричним фактором, знаходяться в діапазоні 47...65% при середньому діаметрі напилюваної ділянки 2 мм. Мінімальні розрахункові втрати, пов'язані з геометричним фактором, досягаються на режимі №4 (Таблиця 1) та складають 47%, при МПН ділянки діаметром 2 мм, і менше 1% при напиленні на ділянку діаметром 8 мм.

### Список посилань

1. Cizek, J. Medicine Meets Thermal Spray Technology [Text]/ J. Cizek, J. Matejicek // Review of Patents. – Journal of Thermal Spray Technology 27(8) (2018). P. 1251–1279.
2. Eliaz, N. A. Corrosion of Metallic Biomaterials [Text]/ N. A. Eliaz // Review. Materials, 12 (3) (2019) P. 407.
3. Voinarovych, Sergii G. Fabrication and characterization of Zr microplasma sprayed coatings for medical applications [Text]/ Sergii G. Voinarovych, Darya L. Alontseva, Oleksandr N. Kyslytsia, Sergii Kaliuzhnyi, Alexandr R. Khozhanov, Alexander Krasavin, Tatyana Kolesnikova // Advances in Materials Science. Vol. 21: Issue 2 (2021). P. 93 – 105.

УДК 621.793.7

Калюжний С.М., мол. наук. співробітник  
 Молтасов А.В., канд. техн. наук, стар. наук. співробітник  
 Димань М.М., канд. техн. наук

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ, [serg3319@ukr.net](mailto:serg3319@ukr.net)

## ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ МІКРОПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ ЗІ СПЛАВІВ ВТ1-00 ТА КТЦ-110 ВІД ЇХ ПОРИСТОСТІ

Більшість фізичних, механічних та експлуатаційних властивостей покриттів залежать від однієї з їхніх найважливіших характеристик – пористості. Відомо, що відмінна пористість більш за все відображається на величині модуля пружності. Досвід показує, що для матеріалів з різним характером взаємозв'язку елементарних твердих об'ємів функціональні залежності характеристик пружності та міцності від пористості істотно різняться, а універсальні рівняння, що описують ці властивості для тіл з довільною структурою отримати неможливо [1]. Тому для кожного окремого покриття, виготовленого з конкретного матеріалу за тією чи іншою технологією, модуль пружності необхідно визначати експериментально.

Оскільки сплави на основі титану та цирконію знайшли широке застосування в травматології та ортопедії [2], мета дослідження полягає у встановленні функціонального зв'язку між модулем пружності покриттів з титанового сплаву ВТ1-00 та цирконієвого сплаву КТЦ-110, нанесених мікроплазмовим методом, та їх пористістю.

При визначенні пружних характеристик плазмових покриттів звичайними методами виникають деякі ускладнення, так як більшість з цих матеріалів руйнуються при дуже незначних деформаціях [3]. Серед експериментальних методів визначення пружних характеристик крихких та малопластичних матеріалів найбільш репрезентативним є випробування на згинання [4].

Існуюча на сьогоднішній день методика розрахунку фізико-механічних властивостей покриттів на основі результатів випробувань на згинання напилених зразків разом з підкладкою [5] не дозволяє визначити модуль пружності покриття при згинанні у явній формі. Тому авторами цієї роботи отримана нова формула визначення для цієї величини:

$$E_c = \frac{1}{h_c^3} \left[ \frac{6B_x}{b} - E_b \cdot h_b (2h_b^2 + 3h_b \cdot h_c + 2h_c^2) \right] + \frac{1}{h_c^3} \sqrt{\left( E_b \cdot h_b (2h_b^2 + 3h_b \cdot h_c + 2h_c^2) - \frac{6B_x}{b} \right)^2 - E_b^2 \cdot h_b^4 \cdot h_c^2 + 12 \frac{B_x}{b} E_b \cdot h_b \cdot h_c^2}, \quad (1)$$

де  $b$  – ширина зразка;  $E_b$  – модуль пружності підкладки;  $h_b$  – висота підкладки;  $h_c$  – висота покриття;  $u_b$  та  $u_c$  – відстані від центрів ваги перерізів підкладки та покриття, відповідно, до зведеного центру ваги перерізу зразка (рис. 1);  $B_x$  – жорсткість перерізу зразка з покриттям, яка при трьохточковому згинанні визначається за формулою:

$$B_x = \frac{l^3 (P_2 - P_1)}{48 (f_2 - f_1)} \quad (2)$$

де  $l$  – відстань між опорами (рис. 2);

$P_1$  та  $P_2$  – значення навантаження у двох точках діапазону пропорційності кривої згину;  
 $f_1$  та  $f_2$  – прогини, що відповідають навантаженням  $P_1$  та  $P_2$ .

Експериментальні дослідження проводили на універсальній механічній розривній машині 2054 Р-5 з модернізованими засобами фіксації зусиль та деформацій, пристосованими для вимірювання малих пружних деформацій.

При виготовленні зразків в якості підкладки використовувалися прямокутні паралелепіпеди довжиною  $L \approx 50$  мм, шириною  $b = 10,03..10,14$  мм та товщиною  $h_b =$

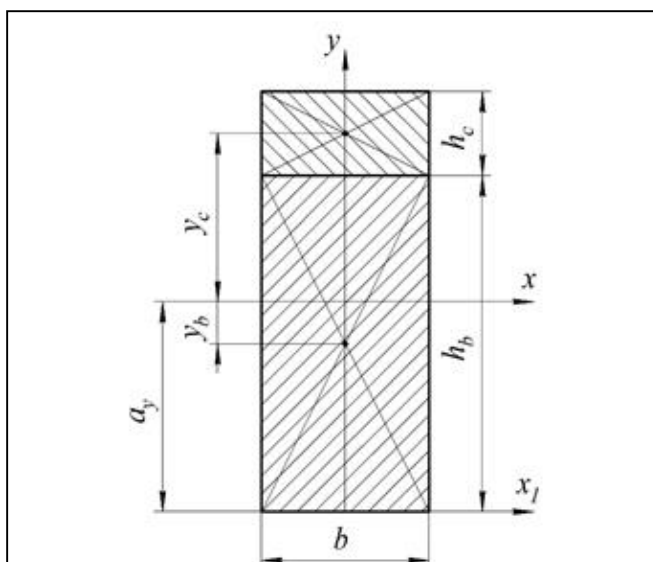


Рис. 1 – Умовне зображення перерізу зразка з покриттям для випробувань на згинання.

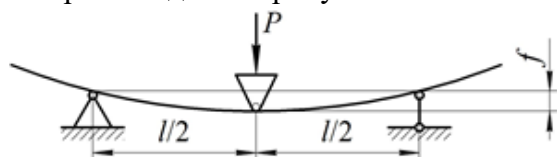


Рис. 2 – Схема навантаження зразка при трьохточковому згинанні.

1,92..2,00 мм з титанового сплаву ВТ6, на яку шляхом розпилення дрітв діаметром 0,3 мм за допомогою установки мікроплазмового напилення МПН-004 [6] були нанесені покриття товщиною  $h_c = 0,32..0,40$  мм зі сплавів марки ВТ1-00 та КТЦ-110 із різним ступенем пористості. Покриття зі сплаву ВТ1-00 мали пористість 6,5 %, 13,7 % та 25 %, а зі сплаву КТЦ-110 – 2,8 %, 8,7 % та 20,3 %.

При визначенні модулів пружності покриттів з кожного з досліджуваних сплавів для кожного з трьох ступенів пористості випробуванням підлягала серія з шести зразків з покриттями таким чином, щоб у трьох зразках шар покриття знаходився у зоні розтягу, а у трьох інших зразках – у зоні стиску.

Функціональний зв'язок між пористістю та модулем пружності встановлювали шляхом побудови кривих лінійної регресії методом найменших квадратів.

В результаті були отримані емпіричні формули, які встановлюють зв'язок між

модулем пружності покриття та долею пористості у вигляді:

$$E_c = a - b \cdot \Pi, \quad (3)$$

де  $\Pi$  – доля пористості;

$a$  та  $b$  – коефіцієнти регресії (для сплаву ВТ1-00 в зоні розтягу  $a = 22460$ ,  $b = 397$ ; для сплаву ВТ1-00 в зоні стиску  $a = 57680$ ,  $b = 1530$ ; для сплаву КТЦ-110 в зоні розтягу  $a = 14390$ ,  $b = 396$ ; для сплаву КТЦ-110 в зоні стиску  $a = 37730$ ,  $b = 1284$ )

### Список посилань

1. Kats S.M. Elastic modulus of materials with a cellular-porous structure [Text] / S.M. Kats // Strength of Materials. – 1972. – №3 (4). – P. 291–296.
2. Eliaz N. Corrosion of Metallic Biomaterials: A Review [Text] / N. Eliaz // Materials. – 2019. – №3 (12). – Article number 407.
3. Барвинок В.А. Управление напряжённым состоянием и свойства плазменных покрытий / В.А. Барвинок. – Москва: Машиностроение, 1990. – 384 с.
4. Kudinov V.V. Strength characteristics of plasma-sprayed coatings from mixed nickel-aluminum powders [Text] / V.V. Kudinov, F.I. Kitaev, A.G. Tsidulko // Soviet Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 1975. – №8 (14). – P. 637–642.
5. Зеленина Е.А. Метод расчёта физико-механических характеристик плазменного покрытия на подложке при испытании образцов на изгиб / Е.А. Зеленина, С.В. Лоскутов, А.В. Ершов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2016. – № 2. – С. 107–110.
6. Voinarovych S. Innovative coatings for implants and parts for osteosynthesis [Text] / S. Voinarovych, O. Kislitsa, Ie. Kuzmych-Ianchuk, O. Masiuchok, S. Kaliuzhnyi, D. Teodossiev, V. Petkov, R. Valov, Al. Alexiev, V. Dyakova // Series on Biomechanics. – 2017. – №4 (31). – P. 27–33.

УДК 621.

Бойко І.О., канд. техн. наук, доцент  
Пашинський В.В., докт. техн. наук, професор  
Пашинська О.Г., докт. техн. наук, професор  
Технічний університет «Метінвест політехніка», м. Маріуполь,  
[igor.boyko@mipolytech.education](mailto:igor.boyko@mipolytech.education)

## ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПРЕСОВИХ ШАЙБ НАПЛАВЛЕННЯМ

В останні роки на підприємствах кольорової металургії, що спеціалізуються на випуску екструдованої продукції, загострилася проблема недостатньої стійкості пресового інструменту [1,2], а саме, пресових шайб. Їхня стійкість обумовлюється зношуванням переважно внаслідок появи тріщин термічної втоми [3]. Більшість таких шайб виготовляється зі сталей 5ХНМ та 3Х3МЗФ з круглих поковок. Відновлення робочої поверхні після відпрацювання звичайно не проводиться, а шайби відправляються на електрошлаковий переплав.



Рис. 1 – Парк відпрацьованих пресових шайб на одному з металургійних підприємств

Метою роботи була розробка технології відновлення зношеного інструменту шляхом наплавлення відпрацьованих пресових шайб

Основні задачі, що вирішені в ході досліджень та підтверджені промисловими випробуваннями:

- зниження початкової вартості наплавочної сталі у поєднанні з прийнятною стійкістю;
- підвищення стійкості до захоплення з оброблюваним металом;
- підвищення розгаростійкості;
- зниження початкової твердості для поліпшення оброблюваності різанням;
- зниження витрат на термообробку.

За результатами багаторічної науково-практичної діяльності ПАО "ЦЗМ" (м. Бахмут), ДДМА (м. Краматорськ) та Технічного університету "Метінвест Політехніка" (м. Маріуполь) запропоновано використати наплавочну сталь 40Х5В2ГСМФА для відновлення і зміцнення інструменту гарячої обробки кольорових металів. Способом наплавлення виступає механізоване наплавлення самозахисним порошковим дротом. Легуюча частина цієї сталі зможе забезпечити підвищену твердість при підвищених робочих температурах пресування завдяки комплексному зміцненню мартенситної матриці карбідами вольфраму, хрому і інших елементів [4], а також додатковому зміцненню нітридом ванадію у разі наплавлення самозахисним порошковим дротом. Стійкість до захоплення з оброблюваним металом забезпечується за рахунок легування хромом на рівні 4,8...5 %, що при підвищеній гарячій твердості цієї сталі дозволить збільшити ресурс інструменту. Розгаростійкість або термовтомна міцність істотним чином залежить від якості сталі, тому одним з напрямів оптимізації є зниження шкідливих домішок. Це питання вирішено шляхом підбору і оптимізації газо-шлакоутворюючих компонентів для глибокої

металургійної дії шлаку на метал краплі і ванни. Зниження витрат на термообробку (відпал перед механічною обробкою і загартування після неї) може бути досягнуте регулюванням термічного циклу наплавлення : режимами і попереднім та супутнім підігрівом.



Рис. 2 – Загальний вигляд напавленої поверхні пресової шайби діаметром 205 мм.

Наплавлення шайби для пресування круга зі сплаву CuZn42 виконувалось в три шари. В якості основи виробу використовувалася зношена шайба із сталі 3Х3М3Ф, заздалегідь проточена під наплавлення, яка пройшла ультразвуковий контроль. Перед наплавленням проводилося попереднє підігрівання до температури 230...250 °С, а після нього виріб поміщався в муфельну електропіч для зняття внутрішніх напружень і подальшого гомогенізуючого відпалу при 650...680 °С. Зовнішній вигляд напавленої пресової шайби представлений на рис. 2.

Після охолодження шайб проводилась їхня механічна обробка різанням (рис. 3), що була хорошою за рахунок сприятливого рельєфу напавленої поверхні та помірної твердості металу в межах 40...42 HRC.



Рис. 3 – Механічна обробка пресової шайби на токарному верстаті

Промислові випробування напавленої середньохромистої високоякісної сталі 40Х5В2ГСМФА, уперше застосованою для відновлення і зміцнення шайб для гарячого пресування проходили на ПАО "ЗКМ"(м. Бахмут). Напавлені шайби випробовувались на горизонтальному гідравлічному пресі зусиллям 3150 т. для пресування трубної заготовки зі сплаву МНЖ-5-1. Порівняно з новими шайбами із сталі 3Х3М3Ф, відновлені наплавленням показали стійкість в 2,4...2,5 разу вище, а просадка робочого діаметру після 5 циклів пресування зменшилася втричі. Зовнішній вигляд робочої поверхні напавленої пресової шайби після 40 пресувань трубної заготовки зі сплаву МНЖ-5-1 приведено на рис. 4.



Рис. 4 – Зовнішній вигляд робочої поверхні напавленої пресової шайби після 40 пресувань трубної заготовки зі сплаву МНЖ-5-1

Повна вартість відновлення шайби напавленням в 1,5...2 рази нижче вартості нової шайби із сталі 3Х3МЗФ, таким чином вартість одного штампоудару зменшилась втричі.

#### Список посилань

1. Гринь А.Г. Анализ причин износа рабочих втулок при прессовании заготовок с заготовок на гидравлических прессах. [Электронный ресурс] / А.Г. Гринь, В.А. Пресняков, И.А. Бойко, С.М. Волков // Науковий Вісник Донбаської державної машинобудівної академії, Краматорськ. – 2011. – №1 (7Е). – С. 27 – 32.
2. R.Rajieva, P.Sadagopan, R.Shanmuga Prakasha. Study on investigation of hot forging die wear analysis – An industrial case study. *Materials Today: Proceedings*, Volume 27, Part 3, 2020, Pages 2752-2757.
3. Юзвенко Ю.А. Выбор состава для износостойкой наплавки прессового инструмента / Ю.А. Юзвенко, Г.А. Кирилук, Н.А. Мальцев // Сварочное производство. – 1976. – №1. – С. 22-23.
4. E.O. Correa, N.G. Alcântara, L.C. Valeriano, N.D. Barbedo, R.R. Chaves. The effect of microstructure on abrasive wear of a Fe—Cr—C—Nb hardfacing alloy deposited by the open arc welding process. *Surface and Coatings Technology*, Volume 276, 25 August 2015, Pages 479-484, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2015.06.026>

УДК 621.78 : 669.2

Долгов М.А., докт. техн. наук, доцент  
Калініченко В.І., канд. техн. наук

Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ,  
[dna@ipp.kiev.ua](mailto:dna@ipp.kiev.ua)

### ВИБІР МЕТОДУ АЗОТУВАННЯ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ СПЛАВІВ

Розробки стосовно вибору технологічного процесу зміцнення металевих сплавів відіграють важливу роль для конструкторів та технологів. Вибір процесу зміцнення повинен ґрунтуватися не тільки на його вартості, а й від характеристик поверхневого шару, доступності, методу виробництва, методу утилізації, терміну служби виробів тощо. Вибір технологічного процесу зміцнення залежить від ряду факторів. Отже, це є актуальною проблемою багатокритеріальних методів прийняття рішень.

Вибір технологічного зміцнення металевих сплавів для конкретної деталі або елемента конструкції – складний та дорогий процес. Особливо це актуально у випадку вибору процесу зміцнення високотехнологічних та прецизійних деталей. Розв'язання питань

підвищення надійності та ресурсу елементів конструкцій потребує застосування металевих матеріалів, здатних працювати в умовах перепаду тиску, підвищених вібрацій, під час змінних ударних та статичних навантажень. Стан поверхневого шару визначає роботоздатність усієї деталі або виробу. Використання матеріалів з підвищеною міцністю внаслідок їх високої вартості недоцільно. Існує велика кількість технологічних процесів хіміко-термічної термічної обробки матеріалів, які мають свої особливості, переваги та недоліки.

Одним із видів хіміко-термічної обробки є азотування [1]. Під час азотування виникає тривалий високотемпературний нагрів деталей. Високі температури процесу азотування можуть приводити до змінювання структури поверхневих шарів, зниження характеристик міцності та в'язкості руйнування.

В роботі проведено на прикладі азотування порівняльний аналіз відомих методів, а саме: азотування у газових печах, азотування у сольових ваннах та іонного азотування. Проведеного порівняльний аналіз методів азотування. Визначено переваги та недоліки, які пов'язані з особливостями обладнання та технологічних процесів.

Кількісне оцінювання ефективності процесу азотування виконано переведенням якісних параметрів технології у кількісні. Процедуру вибору способу азотування здійснено методами прийняття рішення. Для вибору процесу азотування використовували метод вагових характеристик. Переведення якісних параметрів до вигляду у числовій формі дозволило провести ранжування на основі показників ефективності. Найкращий метод азотування характеризується найбільшим значенням індексу ефективності  $\gamma$ . Оскільки використовували якісне оцінювання характеристик стосовно технологічного процесу необхідність у нормуванні характеристик відсутня. Виконали ранжування характеристик процесу від 1 (найменше важлива) до 7 (найбільше важлива). Розраховані значення індексів ефективності  $\gamma$  наведені в таблиці 1. Індекс ефективності  $\gamma$  визначали за формулою:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n Y_i \alpha_i$$

де  $Y$  – характеристика процесу азотування;

$\alpha$  – ваговий коефіцієнт характеристики;

$n$  – загальна кількість характеристик.

Таблиця 1 - Значення характеристик процесу азотування та їх індекси ефективності

| Види процесу                 | Характеристики процесу (ваговий коефіцієнт $\alpha$ ) |                        |                            |                                   |                           |                           |                        | Індекс ефективності $\gamma$ |
|------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------------|
|                              | Час нагріву виробу (1)                                | Складність процесу (3) | Керування температурою (4) | Азотування без нітридної зони (6) | Складність обладнання (2) | Екологічність процесу (7) | Тривалість процесу (5) |                              |
| Газове азотування            | 2                                                     | 6                      | 12                         | 6                                 | 6                         | 14                        | 5                      | 51                           |
| Азотування у сольових ваннах | 3                                                     | 9                      | 12                         | 6                                 | 4                         | 7                         | 15                     | 56                           |
| Іонне азотування             | 1                                                     | 3                      | 4                          | 18                                | 2                         | 21                        | 10                     | 107                          |

Зроблено висновок можливості використання методів прийняття рішень для вибору процесу азотування. Метод вагових характеристик можна використовувати для вибору із будь-якої кількості альтернатив найкращого технологічного процесу, який характеризується великою кількістю показників. Методи прийняття рішень можна розглядати як інструмент для вибору технологічного процесу конструкторами та технологами. З проведених досліджень можна зробити висновок, що технологічний процес іонного азотування є найкращим, тому що він отримав індекс ефективності  $\gamma = 107$ . Це підтверджують численні роботи по використанню методів поверхневого зміцнення матеріалів [1,2].

#### Список посилань

1. Каплун П.В. Вплив покриттів на характеристики утоми сталей при контактному навантаженні / П.В. Каплун, Б.А. Ляшенко // Проблеми прочності. – 2018. – № 2. – С. 66 – 73.
2. Dolgov N.A., Rutkovsky A.V. The influence of plasma thermocycling nitriding treatment of 18HGT steel on the microhardness // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 29 – 30 квітня 2020 р.) : у 2-х т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.] – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – Т. 2. – С. 16 – 17.

УДК 629

Чурсов С.О., аспірант

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, [chursov16996@gmail.com](mailto:chursov16996@gmail.com)

### ОЦІНКА ПОШКОДЖЕНЬ МАТЕРІАЛІВ КОРДУ ТА РЕЗИНОКОРДНОЇ КОНСТРУКЦІЇ В ЕЛЕМЕНТАХ ПНЕВМАТИЧНИХ ШИН

Розв'язання складних проблем надійності матеріалів корду та резинокордної конструкції сучасних пневматичних шин, не можливе без глибокого теоретичного вивчення механо-фізичних процесів, та їх практичного застосування, що спричиняються через різноманітні причини [1, 2, 4].

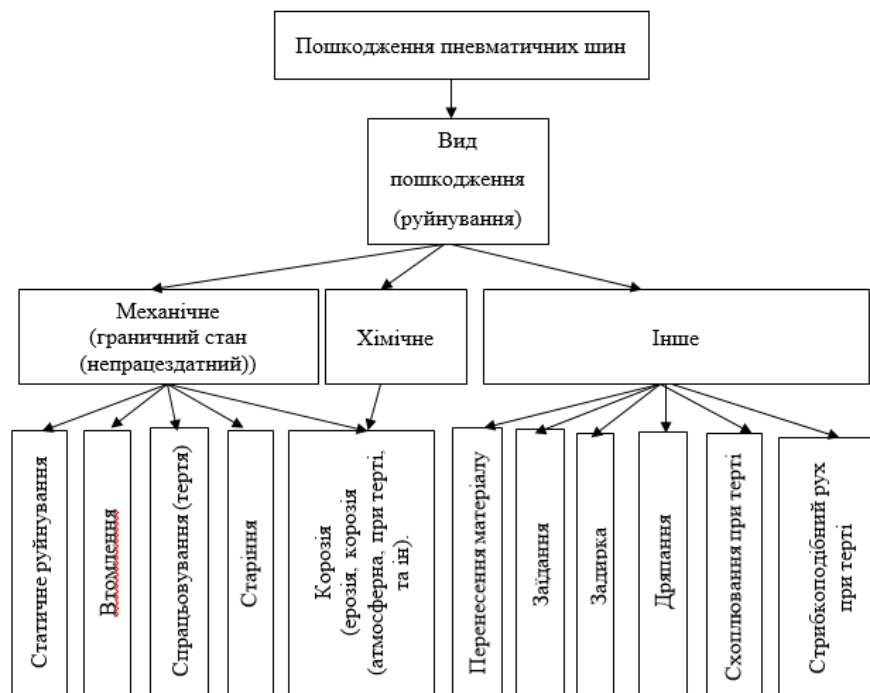


Рис. 1 – Схема пошкодження пневматичних шин в залежності від виду пошкодження (руйнування)

Експериментально створена блок-схема встановлює залежність пошкодження шини від різноманітних пошкоджень відображено на рис.1.

Механічні характеристики та фізичні властивості матеріалів є вихідною інформацією для розв'язання різноманітних завдань пошкодження пневматичних шин [1,2,4].

Пневматична шина являє собою конструкцію, що складається з кордних шарів, розділених гумовими прошарками (а іноді один шар корду), захищений покривними гумовими шарами. Таку систему називають гумокордною конструкцією [1].

Шина - досить складна конструкція, має своєрідні властивості матеріалів, з яких вона виготовлена, різноманітні умови роботи та режими навантаження [1,2,4-7].

Сучасні методи дослідження пошкоджень матеріалів та конструкцій істотно різноманітні [1-3,6,7].

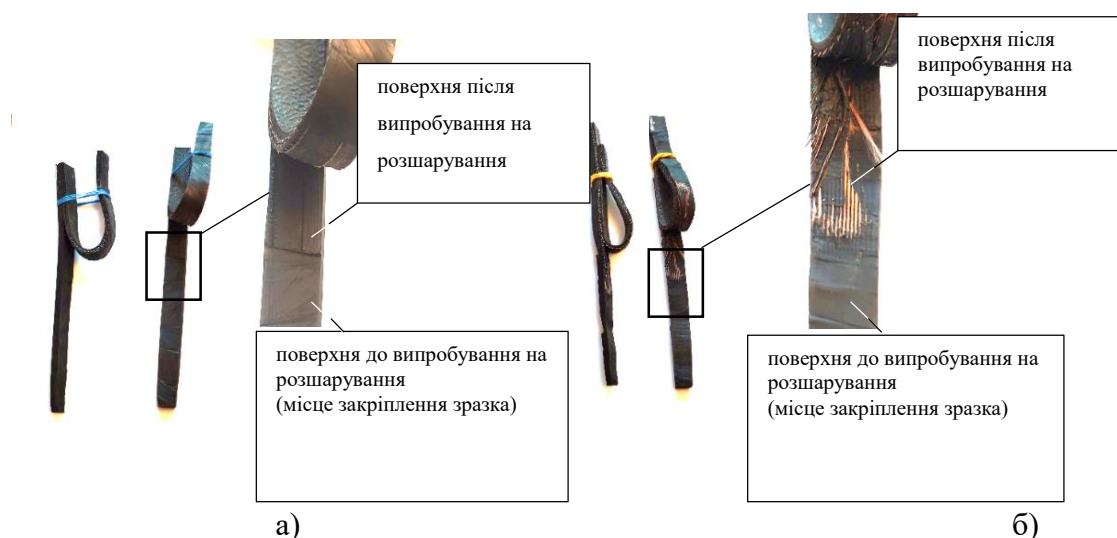


Рис. 2 – Розшарування зразків і поверхня руйнування на межі «резино-волокна металевому корду» (а), поміж волокон корду (б)

Загальний вигляд поверхні після розшарування наведено на рис.2.

Істотний вплив на роботу шини має товщина (калібр) корду, його щільність, теплостійкість, рівномірність натягу ниток та багато інших його якостей [1,2,4-7].

### Список посилань

1. Ларин А.Н. Колесные узлы современных автомобилей / А.Н. Ларин, Е.Е. Черток, А.Н. Юрченко. – Х.: С.А.М., 2004. – 260 с.
2. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів / О.А. Лудченко — Київ: Вища школа, 2007. — 527 с.
3. Портной К.И. Структура и свойства композиционных материалов / К.И. Портной, С.Е. Салибеков, И.Л. Светлов, В.М. Чубаров – М.: Машиностроение, 1979. – 255 с.
4. Бухин Б.Л. Введение в механику пневматических шин / Б.Л. Бухин – М.: Химия, 1988. – 224 с.
5. Чурсов С.О. Застосування багатокоординатних механізмів в якості випробувальних стендів шин автотранспорту / С.О. Чурсов, Д.О. Дмитрієв, О.А. Войтович О.Д. Баль // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: VIII Міжнародна науково-практична конференція. – ЧНТУ: Чернігів. – 2018. – С.147-149.
6. Чурсов С.О. Стендові методи випробування шин автотранспорту / С.О. Чурсов, Д.О. Дмитрієв, О.А. Войтович, С.А. Русанов // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2019. – № 2(69) – С.39-47.
7. Чурсов С.О. Прогнозування залишкового ресурсу матеріалів пневматичних шин від накопичення і виду експлуатаційних пошкоджень. / С.О. Чурсов, Д.О. Дмитрієв, В.М. Панасенко, С.А Русанов. // Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої Дню космонавтики. ХНТУ: Херсон. – 2021. – С.94-95.

УДК 538.95

Широкий Ю.В. канд. техн. наук, доцент

Торосян Г.Д., аспірант

Торосян О.В., асистент

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», м. Харків,

[i.shyrokyi@khai.edu](mailto:i.shyrokyi@khai.edu)

### МОДЕЛЮВАННЯ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ПЛЯМАХ ЕЛЕКТРОДІВ ПІД ЧАС ВАКУУМНОГО РОЗРЯДУ ПРИ ФОРМУВАННІ НАНОСТРУКТУР

Як було показано в роботах [1,2] основні ерозійні процеси при проходженні розряду в різних середовищах реалізуються в основному в електродних плямах. Тому формування моделі ерозійних процесів на електродах почнемо з розгляду процесів в електродних плямах. Дослідження ерозійних процесів при формуванні наноструктур почнемо з розгляду джерел і стоків тепла в електродних плямах, після цього проведемо аналіз результатів розрахунку. Зручніше за все теплові процеси моделювати, використовуючи рівняння теплового балансу.

При експериментальних дослідженнях ерозії у металевих електродів практично на всіх режимах розрядження з електродною плямою спостерігаються викиди рідкого металу у вигляді крапель [3].

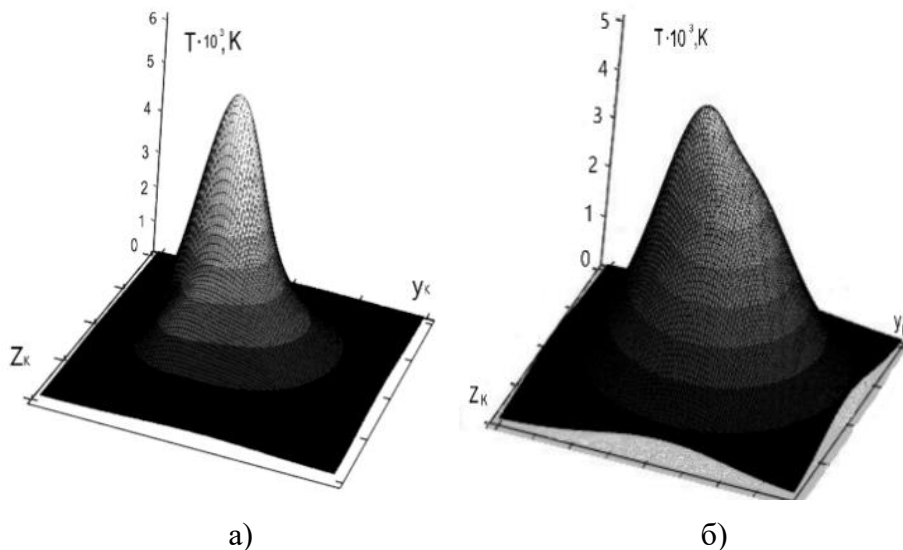


Рис. 1 – Температурні поля для статичної а та рухомої б плям катоду

За наведеною вище моделлю та алгоритмом було проведено розрахунки для електродів при технологічних умовах, необхідних для формування наноструктур [1,3]. У результаті теоретичних розрахунків було отримано температурні поля поблизу рухомої та нерухомої плям (рис. 1, а, б).

#### Список посилань

1. Baranov, O.O. Effect of ion current density on the properties of vacuum arc-deposited TiN coatings. / O.O. Baranov, J. Fang, A.E. Rider, S. Kumar, K Ostrikov // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2013. – № 41(12). – P. 3640–3644.
2. Костюк Г.И. Параметры катодных и анодных пятен в технологических плазменных устройствах (эксперимент) / Г.И. Костюк, Ю.В. Широкий, А.Н. Костюк, И.В. Леонова // Открытые информационные и компьютерные технологии. – 2013. – № 60. – С. 155–164.
3. Костюк Г.И. Особенности теоретического рассмотрения процессов в электродных пятнах вакуумного разряда / Г.И. Костюк, Ю.В. Широкий, А.Н. Костюк // Открытые информационные и компьютерные технологии. – 2013. – № 60. – С. 128–141.

УДК 669.295: 621.91

Ханюков К.С., аспірант,  
Говорун Т.П., канд. фіз. мат. наук, доцент,  
Пахненко Д.В., магістрантка,  
Бурлака А.Ю., студент,

Сумський державний університет, м. Суми, [hovorun@pmtkm.sumdu.edu.ua](mailto:hovorun@pmtkm.sumdu.edu.ua)

### **ЗМІЦНЕННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ Ti, Al, Si та N**

Надійність та довговічність деталей машин та механізмів визначається конструктивною міцністю матеріалів, з яких вони виконані. Експлуатаційні характеристики багатьох виробів – зносостійкість, корозійна стійкість, теплоопір та інші – визначаються властивостями поверхні [1]. Збільшення зносостійкості і зменшення зношування інструменту для обробки матеріалів може бути досягнуто за рахунок застосування різних покриттів і методів модифікування поверхні. В наш час постійно постає питання про підвищення ефективності покриттів та продуктивності металообробної промисловості, а також розробки нових інструментальних матеріалів для покращення якості та зносостійкості покриттів.

Виходячи із умов роботи інструментів зносостійкі покриття повинні володіти: високою твердістю і зберігати її при температурах різання; інертністю до адгезії та високотемпературної корозії з оброблюваним матеріалом у всьому діапазоні температур різання; стабільністю механічних властивостей аж до температури теплостійкості інструментального матеріалу; інертністю до розчинення в оброблюваному матеріалі при високих температурах; опором до руйнування при значних коливаннях температур і напругах. На сьогоднішній день найбільш ефективним методом поліпшення характеристик ріжучого інструменту є нанесення на робочі поверхні наноструктурованих покриттів, що володіють необхідними властивостями, і дають можливість збільшити термін експлуатації інструменту: в 5-10 разів – при роботі з конструкційними сталями; в 4 рази – при роботі з жароміцними сталями; в 1,5-2 рази – при роботі з титановими сплавами [2]. Покриття повинне мати високу щільність, має бути суцільним по всій поверхні, захищаючи тим самим матеріал інструменту від матеріалу оброблюваної поверхні. Твердість покриття повинна бути вищою за твердість матеріалу інструменту, також не можна допустити зчеплюваність покриття з матеріалом оброблюваної поверхні при будь-яких температурах різання. Матеріали, які застосовуються в зміцнюючих покриттях, класифікуються за типом хімічного зв'язку між атомами і мають металевий, ковалентний та/або іонний зв'язок [1].

Нанокompозитні покриття на основі Ti, Al, Si та N зараз все частіше застосовуються для ріжучих інструментів. Так, нітрид титану TiN – це широко застосовуване, традиційне з'єднання, яке наноситься на вуглецеві, нержавіючі і швидкорізальні сталі, а також на тверді сплави і кераміку. В процесі металообробки температура інструменту знижується за рахунок високої щільності поверхні нітриду титану. TiN був одним з перших облицювальних матеріалів, використовуваних в промислових ріжучих інструментах, і він до тепер використовується в якості дифузійних бар'єрів і для декоративних покриттів. Матеріал можна отримати як в результаті фізичного осадження з парової фази (PVD), так і хімічного [2].

Покриття AlN формували методом магнетронного реактивного розпилення циліндричних мішеней з Al в газовій суміші Ar + (40-60) об'ємних % N<sub>2</sub> при тиску 0,6-0,9 Па. Робочі гази подавали як окремо (Ar - в область розпилення мішені, N<sub>2</sub> - в область підкладки), так і у вигляді суміші. Отримані покриття мають волокнисту (стовпчасту) будова, при цьому волокна AlN мають гексагональну решітку.

При виготовленні інструменту у якості зміцнюючих покриттів основну увагу приділяють з'єднанню TiAlN через гарні експлуатаційні властивості, які характеризуються після

отримання широкою областю стехіометричного складу і відтворюваністю їх характеристик [2]. Нітридні покриття найбільш технологічні у виробництві, і можна стверджувати, що такі покриття, як TiAlN та AlTiN, мають унікальні експлуатаційні властивості: висока твердість при високих температурах в зоні контакту різання; термічна і хімічна стійкість, висока еластичність; низька теплопровідність. Одним з важливих переваг TiAlN покриття є його схильність до окислення і до утворення відносно стійких поверхневих оксидних плівок. Підвищити зносостійкість таких покриттів при різанні можна подрібненням зерна до рівня нанoshкали (розмір зерна менше 100 нм), тобто отримання наноструктурованих покриттів.

Покриття TiAlN перевершують покриття TiN за твердістю, зносостійкістю і особливо стійкістю до окислення. Температура різання в сучасній високошвидкісній галузі різання може досягати 1000 °C, що може викликати окислення та зниження твердості покриттів TiAlN.

У порівнянні з традиційними міцними покриттями TiN, AlN або TiAlN, покриття TiAlSiN, яке утворює структуру аморфної оболонки Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> для нанокристалічного покриття TiAlN привернуло увагу по всьому світу уваги завдяки своїм підвищеним властивостям, як у якості комплексних покриттів, так і мультишарів багат шарових покриттів.

Дослідження структури і властивостей покриттів TiN, AlN, TiAlN та TiAlSiN, осаджених методом магнетронного розпилення на установці ВУП-5М при залишковому тиску в робочій камері 10<sup>-3</sup> - 10<sup>-4</sup> Па, проводили на зразках із швидкорізальної сталі Р6М5 після стандартної термічної обробки та полірованих пластинах монокристалічного кремнію (розміром 10×5×1 мм). Було розглянуто механізми зміцнення матеріалу зносостійкого покриття, вплив технологічних параметрів процесу конденсації покриття на його параметри структури та механічні властивості (табл. 1).

Таблиця 1 – Механічні властивості та характеристики зносостійких покриттів

| Покриття                   | Колір            | Твердість<br>Н <sub>μ</sub> , ГПа | Товщина,<br>мкм | Максимальна<br>температура, °C |
|----------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| TiN                        | золотий          | 20-24                             | 2 – 7           | 600                            |
| AlN                        | сірий            | 12-16                             | 2-5             | 600                            |
| AlTiN                      | сіро-фіолетовий  | 32                                | 1-3             | 800                            |
| TiAlN                      | фіолетово-чорний | 35                                | 1-7             | 900                            |
| TiAlSiN                    | коричневий       | 32-37                             | 1-4             | 1100                           |
| Сталь Р6М5<br>без покриття | сірий            | 6-9                               | -               | -                              |

Встановлено, що інтенсивність зношування сталі Р6М5 без покриття в 6 разів більше, ніж з покриттям AlTiN, TiAlN та TiAlSiN, в 3 рази - ніж з покриттям TiN та AlN. Інструмент з покриттям характеризується підвищеною надійністю і більш високою стійкістю та дозволяє проводити процес обробки з більш високими режимами різання.

#### Список посилань

1. Pogrebnjak, A.D. Protective coatings with nanoscale multilayer architecture: Current state and main trends [Текст] / A.D. Pogrebnjak, M.A. Lisovenko, A. Turlybekuly, V.V. Buranich // Physics-Uspekhi. – 2021. – Vol. 64(3). – pp. 253–279, doi: 10.3367/UFNe.2020.08.038823.
2. Hovorun, T. Improvement of the physical and mechanical properties of the cutting tool by applying wear-resistant coatings based on Ti, Al, Si, and N [Текст] / T. Hovorun, K. Khaniukov, V. Varakin, V. Pererva, S. Vorobiov, A. Burlaka, R. Khvostenko // Journal of Engineering Sciences. 2021. – Vol. 8(2). – pp. C13-C23, doi: 10.21272/jes.2021.8(2).c3.

УДК 621.79:669.15

**Берднікова О.М., доктор техн. наук, пров. наук. співробітник**

**Алексєєнко І.І., мол. наук. співробітник**

**Алексєєнко Т.О., канд. техн. наук., стар. наук. співробітник**

**Газнюк Ю.С., заст. зав. відділом**

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, [omberdnikova@gmail.com](mailto:omberdnikova@gmail.com)

**Гурнік О.О., викладач**

Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж інженерії та зв'язку НАУ», м. Київ

[olga.gurnick@gmail.com](mailto:olga.gurnick@gmail.com)

## СТРУКТУРА ТА ХАРАКТЕР РУЙНУВАННЯ МЕТАЛУ ЗТВ КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ 06Г2БДП

При виготовленні відповідальних зварних вузлів металоконструкцій у будівництві та сільському господарстві використовують високоміцні корозійностійкі сталі. Основними проблемами при їх зварюванні є забезпечення експлуатаційної надійності таких з'єднань, а саме необхідного рівня механічних властивостей та тріщиностійкості металу [1-3].

Метою роботи було вивчення закономірностей структурно-фазових перетворень та параметрів структури основного металу високоміцної сталі 06Г2БДП (0,08% С; 0,35% Si; 1,4% Mn; 0,3% Cr; 0,3% Ni; 0,3% Cu; 0,02% Mo; 0,03% Nb; 0,02% Ti; 0,02% Al; 0,05% P; 0,012% S) та модельних зразків виготовлених в умовах термодформаційних циклів зварювання (ТДЦЗ). Дослідження металу ділянки перегріву зони термічного впливу (ЗТВ) проводили на зразках, що отримано при різних швидкостях охолодження ( $W_{6/5} = 3, 14$  та  $23^{\circ}\text{C}/\text{c}$ ). Для оцінки тріщиностійкості сталі 06Г2БДП було вивчено характер руйнування зразків в залежності від  $W_{6/5}$  після подальшого зовнішнього статичного та динамічного навантаження. Робота проводилась з використанням комплексу методів досліджень: світлової мікроскопії (Versamet-2, Neophot-32) та аналітичної растрової мікроскопії (СЭМ-515, фірми «PHILIPS», Нідерланди).

Металографічними дослідженнями встановлено наступне. Структура основного металу сталі 06Г2БДП в стані після електрошлакового переплаву та термічної обробки (гартування + відпуск) складається з ферито-карбідної суміші з мікротвердістю  $HV = 2060$  МПа при розмірі зерен фериту  $D_z = 4...20$  мкм. В модельних зразках при збільшені швидкості охолодження металу ЗТВ від  $W_{6/5}=3^{\circ}\text{C}/\text{c}$  до  $W_{6/5}=23^{\circ}\text{C}/\text{c}$  структура змінюється від феритно-перлитної до бейнітної, розмір пакетів зменшується в 2 рази (від  $100...300$  мкм до  $70...150$  мкм) при збільшені мікротвердості на 15% ( $2570...2860$  МПа до  $2860...3410$  МПа). При цьому, режим при  $W_{6/5}=23^{\circ}\text{C}/\text{c}$  забезпечує формування переважно структури бейніту нижнього з максимальною мікротвердістю та найбільшим диспергуванням пакетної структури.

Результати механічних випробувань основного металу (ОМ) та металу ЗТВ модельних зразків сталі 06Г2БДП представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Механічні властивості металу сталі 06Г2БДП.

| Швидкість<br>охолодження $W_{6/5}$ , $^{\circ}\text{C}/\text{c}$ |    | $\sigma_{0,2}$ ,<br>МПа | $\sigma_B$ ,<br>МПа | $\delta_5$ ,<br>% | $\psi$ ,<br>% | КСУ, Дж/см <sup>2</sup>              |                                      |
|------------------------------------------------------------------|----|-------------------------|---------------------|-------------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                                  |    |                         |                     |                   |               | $T_{\text{вип}}=+20^{\circ}\text{C}$ | $T_{\text{вип}}=-40^{\circ}\text{C}$ |
| ОМ                                                               |    | 608                     | 684                 | 21,7              | 78,3          | 355                                  | 316                                  |
| ЗТВ                                                              | 3  | 490                     | 657                 | 26,5              | 72,4          | 86                                   | 10                                   |
|                                                                  | 14 | 544                     | 710                 | 22,6              | 71,6          | 270                                  | 31                                   |
|                                                                  | 23 | 565                     | 721                 | 22,6              | 74,1          | 185                                  | 35                                   |

Встановлено, що після статичних випробувань на розтяг основного металу та модельних зразків сталі 06Г2БДП при всіх швидкостях охолодження характер руйнування зразків в'язкий, з формуванням ямкового зламу.

Після динамічних випробувань на ударний вигин модельних зразків сталі 06Г2БДП для температури випробувань  $T_{\text{вип}} = +20^{\circ}\text{C}$  при швидкості охолодження  $W_{6/5}=3^{\circ}\text{C/c}$  у зоні магістрального розвитку тріщини спостерігається крихкий тип руйнування з вторинними мікротріщинами, а при  $W_{6/5}=14...23^{\circ}\text{C/c}$  – квазікрихкий, що свідчить про ознаки пластичності. При температурі випробувань  $T_{\text{вип}} = -40^{\circ}\text{C}$  крихкий тип руйнування зразків для всіх швидкостей охолодження (рис. 1). Однак, при  $W_{6/5} = 14...23^{\circ}\text{C/c}$  поверхні руйнування металу 3ТВ сталі 06Г2БДП притаманно формування локальних ділянок в'язкого ямкового рельєфу по границях структурних складових при зменшенні розміру фасеток та об'ємної частки вторинних тріщин, що пов'язано з утворенням бейнітної структури, що в свою чергу сприяє підвищенню механічних властивостей.

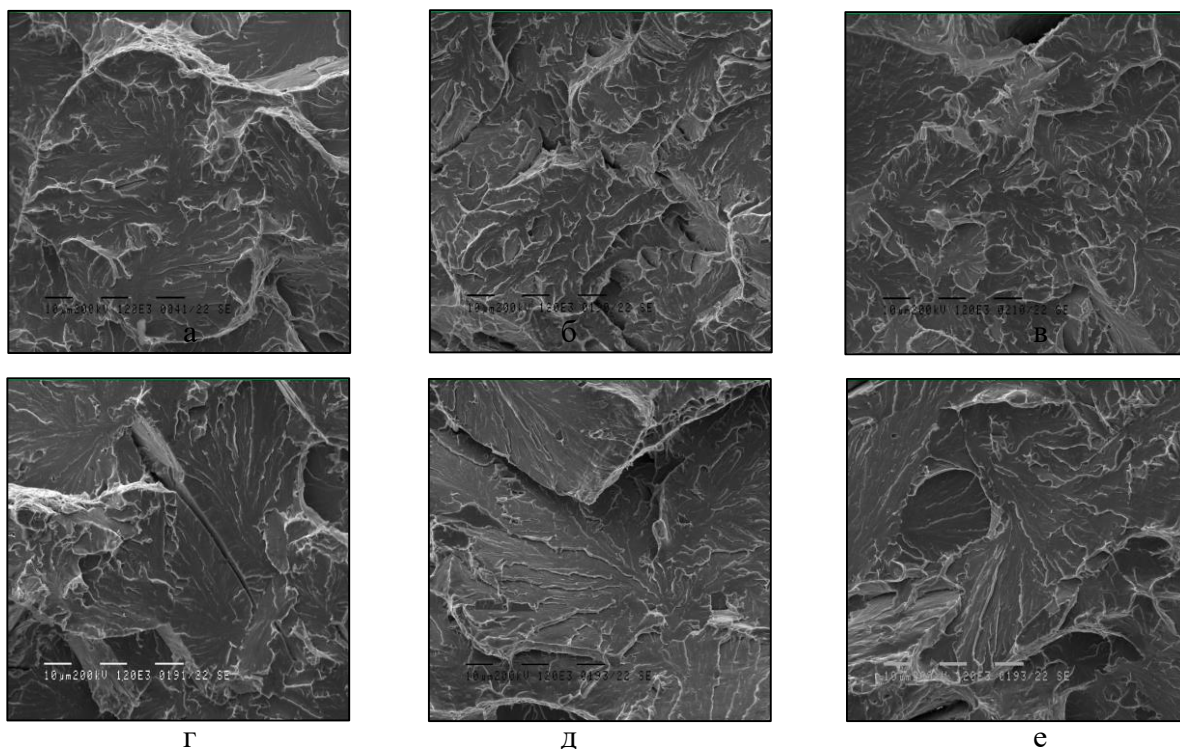


Рис. 1 – Мікроструктура поверхні руйнування модельних зразків сталі 06Г2БДП в зоні магістрального розвитку тріщини при різній швидкості охолодження:

а, г –  $W_{6/5}=3^{\circ}\text{C}$ ; б, д –  $W_{6/5}=14^{\circ}\text{C}$ ; в, е –  $W_{6/5}=23^{\circ}\text{C}$ ,  
температура випробування  $T_{\text{вип}} = +20^{\circ}\text{C}$  (а-в);  $T_{\text{вип}} = -40^{\circ}\text{C}$  (г-е).

#### Список посилань

1. Гольдштейн М.И. Специальные стали / М.И. Гольдштейн, С.В. Грачев, Ю.Г. Векслер – Москва: Металлургия, 1985. – 408 с.
2. Laukhin D., Beketov O., Rott N., Schudro A. / The elaboration of modernized technology of controlled rolling directed at the formation of high strengthening and viscous qualities in HSLA steel // Solid State Phenomena, 2019. – 291. – P. 13-19.
3. Ковтуненко В.А. Высокопрочная экономнолегированная сталь 06Г2Б с  $\sigma_t \geq 440$  МПа для мостостроения / В.А.Ковтуненко, А.М. Герасименко, А.Г. Синеок // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2004. – №69. – С. 106-113.

УДК 621.791.72

Кушнарьова О.С., канд. техн. наук  
Берднікова О.М., доктор. техн. наук  
Половецький Є.В., канд. техн. наук  
Єремєєва Л.Т., пров. інженер  
Кайда Т.В., пров. інженер

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, [olgakus@meta.ua](mailto:olgakus@meta.ua)

## СТРУКТУРНІ ЗМІНИ У ПОВЕРХНЕВИХ ШАРАХ КОНСТРУКЦІЙНОЇ СТАЛІ 40Х ПІСЛЯ ІМПУЛЬСНО-ПЛАЗМОВОЇ ОБРОБКИ

У сучасній промисловості надається особлива увага питанням підвищення надійності, економічності та ресурсу працездатності машин і агрегатів, що випускаються. Важливим є забезпечення довговічності деталей машин і механізмів, що стимулює розвиток нових високоефективних ресурсозберігаючих технологій [1,2]. Ці технології спрямовані на підвищення зносостійкості робочих поверхонь матеріалів, з яких вони виготовлені з метою підвищення експлуатаційних характеристик виробів. Однією з таких технологій є поверхнева обробка різними способами. Головним завданням такої обробки є вплив на поверхневі шари матеріалів, що призводить до зміни структури та властивостей.

Забезпечення довговічності роботи деталей машин та механізмів є актуальним. Для конструкцій з особливими властивостями їх поверхонь, працездатність та збільшення терміну служби можуть бути забезпечені за рахунок технологій зміцнення поверхневих шарів, до яких відносяться сучасні методи обробки (імпульсно-плазмова, лазерна, лазерно-плазмова та ін.) [2,3].

У даній роботі проведено дослідження зразків конструкційної легованої сталі 40Х після поверхневої обробки за допомогою імпульсно-плазмового способу. Імпульсно-плазмова обробка виконувалась в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ у відділу «Нових фізико-хімічних способів зварювання». Сталь 40Х широко використовується у машинобудуванні під час виробництва деталей підвищеної міцності. Після гарту та відпуску дана сталь має високі показники механічних властивостей:  $\sigma_{0,2} = 720 \dots 1560$  МПа;  $\sigma_B = 860 \dots 1760$  МПа;  $\delta_5 \geq 8\%$ ;  $\psi \geq 35\%$ .

У даному випадку для експерименту сталь 40Х використовувалася після попередньої термічної обробки (ізотермічне гартування на бейніт в масло при  $T=850^\circ\text{C}$ ). Подальша імпульсно-плазмова обробка проводилася при питомому тепловому потоці  $Q=6,5 \times 10^8$  Вт/м<sup>2</sup>.

Комплексні дослідження, що включають світлову мікроскопію (Versamet-2), аналітичну растрову (SEM-515, фірми PHILIPS, Нідерланди) і просвічувальну електронну мікроскопію (JEM-200CX, фірма JEOL, Японія), показали наступне.

В результаті обробки імпульсною плазмою сталі 40Х на поверхні металу утворюється шар глибиною до 70 мкм з дисперсною мартенситною структурою з розміром пакетів (зерен)  $2 \dots 7$  мкм. Мікротвердість (HV) цього шару  $6550 \dots 5160$  МПа. Параметри субструктури поверхневого шару мають розмір  $0,05 \dots 0,55$  мкм (рис. 1, а). Спостерігається рівномірний розподіл щільності дислокацій ( $\rho = (2 \dots 3) \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ ).

При переході від основного металу до поверхневого шару формується перехідна зона (до 30 мкм) з трооститно-мартенситною структурою. Розмір пакетів  $5 \dots 12$  мкм при HV 3860 МПа. Спостерігаються незначні збільшення розмірів субструктур ( $0,25 \dots 1$  мкм) зі зменшенням щільності дислокацій ( $\rho = 6 \times 10^{10} \dots 2 \times 10^{11} \text{ см}^{-2}$ ) (рис. 1, б).

Основний метал сталі 40Х представлений структурою верхнього та нижнього бейніту з незначною кількістю мартенситу. Розмір зерна  $15 \dots 25$  мкм з мікротвердістю  $4120 \dots 5090$  МПа. Параметри структурних компонентів дещо збільшуються (рис. 1, в). Щільність дислокацій  $\rho = 3 \times 10^{10} \dots 10^{11} \text{ см}^{-2}$ .

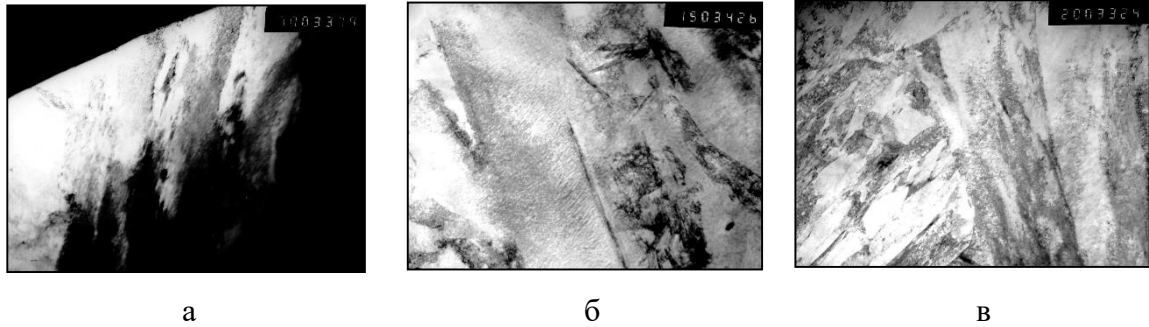


Рис.1 – Тонка структура сталі 40Х після імпульсно-плазмової обробки: а - поверхневий шар ( $\times 33000$ ); б – перехідна зона ( $\times 15000$ ); в – основний метал ( $\times 20000$ ).

Щодо властивостей міцності та тріщиностійкості обробленого металу, то були проведені фрактографічні дослідження поверхонь руйнування зразків з подальшими аналітичними оцінками зміцнення та в'язкості руйнування.

Кількісні оцінки зміцнення за кожним із структурних параметрів з урахуванням залежностей Холла-Петча, Орована та ін. [4], встановлено наступне. Загальне зміцнення ( $\Sigma\sigma_T$ ) металу оброблених поверхневих шарів становить 2086 МПа (у той час як основного металу - 1551 МПа). Найбільший внесок у загальний рівень  $\Sigma\sigma_T$  вносять субструктурне та дисперсійне зміцнення. У результаті імпульсно-плазмової обробки сталі 40Х загальний рівень зміцнення поверхневих шарів порівняно з основним металом збільшується на 35%.

Проведено розрахункові оцінки схильності металу оброблених поверхонь до крихкого руйнування ( $K_{IC}$ ) за залежністю Крафта [5]. У поверхневих шарах  $K_{IC} = 52 \text{ МПа/м}^{1/2}$ , що на 6 і 12 % менше порівняно з перехідною зоною ( $K_{IC} = 55,6 \text{ МПа/м}^{1/2}$ ) та основним металом ( $K_{IC} = 59,5 \text{ МПа/м}^{1/2}$ ).

Комплекс властивостей міцності та в'язкості руйнування свідчить про значний вплив на показники конструктивної міцності структурних параметрів, що визначають реалізацію мікромеханізму поширення тріщини.

Імпульсно-плазмова обробка поверхні сталі 40Х забезпечує комплекс властивостей міцності та в'язкості руйнування у поверхневих шарах металу. Промислові випробування зразків сталі 40Х, що оброблені імпульсно-плазмовим методом, підтверджують значення покращення трибологічних властивостей виробів. На основі проведених експериментальних досліджень, аналітичних оцінок та випробувань можна прогнозувати, яка структура, що формується при імпульсно-плазмовій обробці металу буде забезпечувати експлуатаційні властивості виробів.

#### Список посилань

1. 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.
2. 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.
3. Лещинский Л.К. Плазменная поверхностная закалка / Л.К. Лещинский, С.С. Самотугин, И.И. Пирч, В.И. Комар // *Киев*. – 1990. - 109 с.
4. Маркашова Л. И. Влияние структуры на свойства покрытий из механических смесей порошков  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и Al (или Ti), полученных методом многокамерного детонационного напыления / Л. И. Маркашова, Ю. Н. Тюрин, О. В. Колисниченко, Е. Н. Бердникова, О. С. Кушнарева, Е. В. Половецкий, Е. П. Титков // *Автоматическая сварка*. – 2017. – № 9. – С. 33-39.
5. Hryhorenko G. Fine structure of heat-resistant titanium alloys welded joints / G. Hryhorenko, S. Akhonin, O. Berdnikova, S. Hryhorenko, V. Bilous and O. Kushnaryova // *Proceedings of the 2019 IEEE 9th International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties, NAP*. – 2019. - P. 01MIT02-1 – 01MIT02-5.

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», м. Харків,

[i.shyrokyi@khai.edu](mailto:i.shyrokyi@khai.edu)

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАЛЕЖНОСТІ КОЕФІЦІЄНТА ЕРОЗІЇ ВІД ЧАСУ ЖИТТЯ ПЛЯМИ ТА ГУСТИНИ СТРУМУ НА ЕЛЕКТРОДАХ

У роботах [1,2] були виконані розрахунки для різної густини струму  $10^{10} \dots 10^{12}$  А/м<sup>2</sup> і для різних швидкостей переміщення плям  $1 \dots 0.5 \cdot 10^2$  м/с. Як видно із залежностей для анода при щільності густині (рис. 1, 2) менше  $10^{10}$  А/м<sup>2</sup> розривів коефіцієнта ерозії немає, але при  $10^{11}$  А/м<sup>2</sup> з'являються розриви на скінчену величину, що свідчить про викиди кластерів матеріалу.

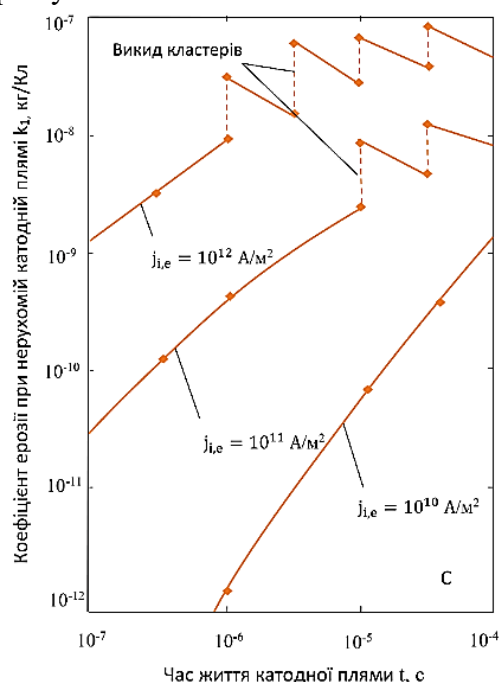


Рис. 1 – Графік залежності коефіцієнта ерозії від часу життя нерухомої плями на катоді

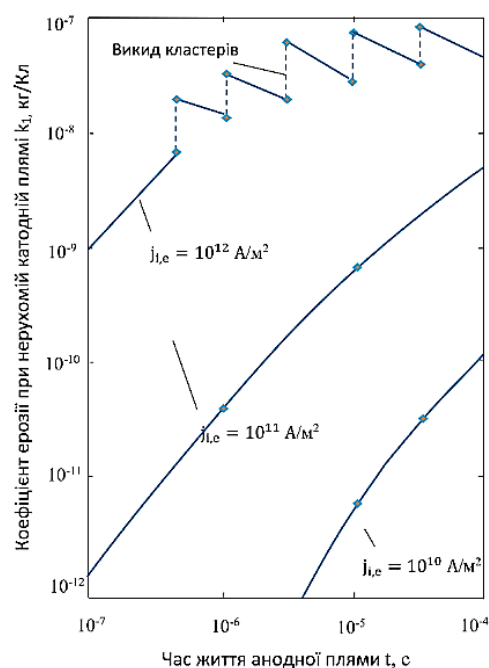


Рис. 2 – Графік залежності коефіцієнта ерозії від часу життя нерухомої плями на аноді

Визначено залежність суттєвого зменшення коефіцієнта ерозії при підвищенні швидкості плям. Отримані теоретичні значення за густиною струму збігаються за порядком з відомими експериментальними значеннями [1,2]. Все це свідчить про адекватність моделі та можливості її використання для визначення критичних значень технологічних параметрів інших матеріалів електродів.

### Список посилань

1. Костюк Г.И. Параметры катодных и анодных пятен в технологических плазменных устройствах (эксперимент) / Г.И. Костюк, Ю.В. Широкий, А.Н. Костюк, И.В. Леонова // Открытые информационные и компьютерные технологии. – 2013. – №60. – С. 155–164.
2. Kostyuk, G. Efficiency and Performance of Milling Using Cutting Tools with Plates of a New Class. / G. Kostyuk, V. Popov, Y. Shyrokyi, H. Yevsieienkova // In: Tonkonogiyi V. et al. (eds) Advanced Manufacturing Processes II. InterPartner 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer. – 2021. – № 2. – P. 598–608.

УДК 537.525:546.29:532.72

Мазанко В.Ф., докт. техн. наук, професор

Герцрикен Д.С., канд. физ.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ, [vmazanko@imp.kiev.ua](mailto:vmazanko@imp.kiev.ua)**ВЗАЄМОДІЯ МІДІ С КРИПТОНОМ ТА КСЕНОНОМ У ЖЕВРЮЧОМУ РОЗРЯДІ**

При дослідженні процесу насичення криптоном мідної фольги товщиною 10 мкм за методикою [1] було встановлено, що при  $\sim 500$  К параметр ґратки  $a$  (в областях, які містять газ) змінюється пропорційно часу іонного бомбардування  $\tau$ :

| $\tau$   | 0       | 15 с    | 20 хв.  | 1 год.  | 18 год. | 2 діб   |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $a$ , нм | 0,36184 | 0,36189 | 0,36205 | 0,36217 | 0,36232 | 0,36249 |

При цьому щільність міді  $\rho$ , що містить інертних газ, зменшилась із зростанням,  $\tau$  і після 48 год. обробки досягла значення  $8,3399$  г/см<sup>3</sup> ( $\rho_{\text{вих}} = 8,89278$  г/см<sup>3</sup>). Кількість атомів, які

приходяться на елементарну комірку  $n_a$ , розрахована за формулою  $n_a = \frac{\rho \cdot a^3}{A_{\text{ср}} \cdot 1,65 \cdot 10^{-24}}$ ,

становить 3,6. При 15 с величина  $n_a = 4$ , а при 1 год. – 3,9. Тобто спостерігається перехід від твердого розчину заміщення до твердого розчину вилучення подібно до того, що впливає з аналізу результатів робіт, проведених на алюмінії [1].

У той же час зміна ваги зразка при обробці в розряді, що жевріє ( $\sim 500$  К характеризується немонотонною залежністю від часу впливу:

| $\Delta\tau$      | 15 с | 30 с | 1 хв. | 5 х.в | 20 хв. | 45 хв. | 1,5 год. | 3 год. | 8 год. |
|-------------------|------|------|-------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|
| $\Delta\rho$ , мг | 0,05 | 0,35 | 0,15  | -0,10 | -0,13  | -0,21  | -0,37    | -0,45  | -0,78  |

При іонній обробці з нагріванням максимальний приріст, що становить 0,31 мг, спостерігається при 15 с (при 5 с бомбардування  $\Delta\rho = 0,09$  мг), а зменшення ваги починається з 2 хвилин обробки. За 8 годин розпорошується майже 1 мг. При охолодженні в процесі іонного бомбардування  $\Delta\rho_{\text{max}} = 0,44$  мг при 1 хв. впливу, зменшення ваги спостерігається після 6,5 хвилин, а за 8 годин воно становить близько 0,63 мг. Таким чином, вміст газу на поверхні визначається часом і температурою обробки, а від цих параметрів залежить десорбція, розпилення, пороутворення і рухливість атомів інертного газу в приповерхневому шарі.

Аналогічні залежності отримано для ксенону. В цьому випадку вплив часу та температури обробки на розпилення поверхні виражено сильніше. Так, при 8 год. бомбардування іонами ксенону спад ваги зразка при  $\sim 500$  К становить 1,01 мг. При 300 і 700 К  $\Delta\rho_{\text{max}} - 0,88$  та 1,29 мг.

Розглянемо проникнення ксенону в мідь для обробки без нагрівання (рис. 1).

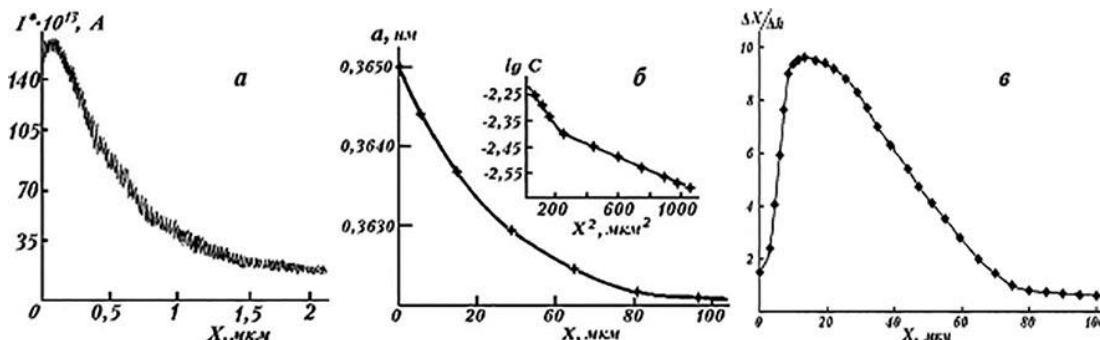


Рис. 1 – Концентраційні профілі розподілу атомів ксенону в міді (30 год.) при 500 К.

Поява максимуму (рис. 1, а) пов'язана з тим, що глибина проникнення іонів інертного газу при взаємодії з твердим тілом визначається їхньою початковою енергією, тобто швидкістю і масою, і гальмівною здатністю оброблюваного матеріалу. При цьому тонкий приповерхневий шар, що сформувався, є джерелом, з якого атоми інертного газу проникають у глибину речовини. Тобто проникнення інертних газів відбувається у 2 етапи. Перший етап поглинання іонів інертного газу поверхнею металу є кінетичним і воно описується рівнянням Фоккера-Планка [1]. Аналіз форми експериментально визначеного профілю (рис. 1, б) за межами максимуму показує, що він відповідає квадратичній залежності логарифму концентрації дифундуючих атомів від глибини проникнення, що, як відомо, є ознакою прояву об'ємного механізму дифузії.

При тривалій обробці в тліючому розряді, особливо при бомбардуванні важкими іонами, починаючи з певного значення часу впливу, в дифузійній зоні утворюються 2 області з різною дифузною проникністю для мігруючих атомів інертних газів (рис. 1, б). При цьому коефіцієнти дифузії в приповерхневому шарі, розташованому від поверхні до глибини, на якій має місце злам в залежності  $\lg C = f(X^2)$ , нижче, ніж на більших глибинах. Це пов'язано з низкою причин, зокрема розпорошенням поверхневого шару, тобто зменшенням глибини проникнення, бар'єрною дією твердого розчину метал-інертний газ і пір, що містять інертний газ, кількість яких зменшується з глибиною.

Зазначимо, що зі збільшенням маси іона, особливо при підвищених температурах, розпилення йде більш інтенсивно і формування тонкого шару твердого розчину, що служить джерелом проникаючих в метал атомів, у кожен момент часу в процесі обробки відбувається все далі від поверхні, що опромінюється (рис. 1, в). В цьому випадку за міру концентрації взято відношення глибин проникнення, виміряної за допомогою мікроскопа  $\Delta X$  і отриманої зважуванням залишку після зняття шару  $\Delta h$ .

При обробці без додаткового нагрівання або охолодження максимальна концентрація ксенону в міді знаходиться на глибині  $\sim 8$  мкм, а при охолодженні до 300 К величина зсуву концентраційного максимуму не перевищує 5 мкм. При цьому відмінність у значеннях виміряної та обчисленої координати шару, якому відповідає максимальний вміст газу в порах ( $C_{\max} \sim \Delta X / \Delta h$ ), становить відповідно 8,1 та 7,4 рази. Порівняння цих результатів зі значеннями  $C_{\max}$  і  $X_{\max}$ , властивими для 700 К, показує, що виникнення та зростання пір, що характеризуються величиною  $C_{\max}$ , та розпилення поверхневого шару, тобто величина  $X_{\max}$  нелінійно залежать від температури, істотно зростаючи при 700 К (рис. 2).

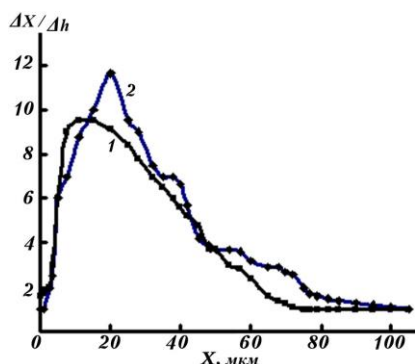


Рис. 2 – Розподіл Хе у Си після іонного бомбардування протягом 26 год. (1) та після відпалу протягом 1 год. (2) при 700 К.

Зазначимо, що різниця між профілями розподілу атомів ксенону у міді, приведеними на рис. 1 б, в та рис. 2, крива 1 (при  $\sim 500$  і  $\sim 700$  К), викликана не так температурою, скільки виявленням різних об'єктів – у першому випадку реєструються переважно газові пори, тоді як у другому – концентрація інертного газу твердому розчині.

Як випливає з рис. 2, після відпалу зросла пористість, і щільність речовини на відстані  $\sim 25$  мкм зменшилася ще на  $\sim 20$  %. У той же час у приповерхневому шарі до 1 мкм щільність відпаленого зразка повернулася до значення, що характеризує мідь у вихідному стані, тобто відбулася термодесорбція.

#### Список посилань

1. Герцрикен Д.С. Тлеющий разряд и инертные газы в металлах / Д.С. Герцрикен, В.М. Тышкевич – Киев: Академперіодика, 2006. – 280 с.

УДК 537.525:546.29:532.72

Герцрікен Д.С., канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Мазанко В.Ф., докт. техн. наук, професор

Зайцева Н.В., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник

Богданов С.Є., канд. фіз.-мат. наук, наук. співробітник

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ, [deciatinka@gmail.com](mailto:deciatinka@gmail.com)

## ВЗАЄМОДІЯ ЗАЛІЗА З ЛЕГКИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ТА ІНЕРТНИМИ ГАЗАМИ ПРИ ЖЕВРІЮЧОМУ РОЗРЯДІ У СУМІШІ ГАЗІВ

Відомо, що одним з найбільш перспективних способів низькотемпературного іонного азотування є обробка металевих матеріалів в плазмі жевріючого розряду, що горить в середовищі азоту, іноді з добавками вуглеводнів, зокрема, його вдосконалений варіант - газотермоциклічне іонне азотування в переривчастому режимі. Причому дуже ефективним виявилося багатофакторне варіювання параметрами (рис. 1) [1]. При цьому на поверхні розділу виникають різноманітні розчини та фази втілення.

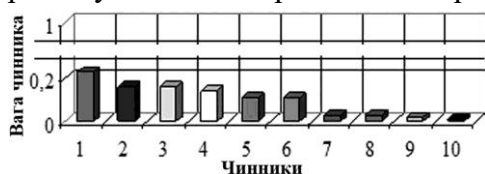


Рис. 1 – Ряд технологічних і експлуатаційних чинників: 1 - температура насичення, 2 - тиск реакційного газу в насичує середовищі, 3 - склад середовища, 4 – час бомбардування, 5 - умови подальшої експлуатації, наприклад, процес тертя, 6 - вплив швидкості зовнішнього впливу (швидкості стирання), 7 – товщина покриття, що формується, 8 - фазовий склад і дефектність деталі, 9 - струм процесу насичення, 10 - напруга.

Проте з цих досліджень не зовсім зрозуміло, чи впливає на процес нітроцементзації наявність в газовій суміші інертних газів і яким чином це відбувається. Також є відкритим питання про те, який тип розряду є більш ефективним: переривчастий чи постійний, а також який внесок у потік речовини дають процеси, що відбуваються у тонкому шарі на межі, яка розділяє залізо та насичуюче середовище при обох видах розряду.

Обробку у жевріючому постійному та переривчастому розрядах зразків, виготовлених із відпаленого заліза технічної чистоти, проводили за діодною схемою при температурі 873 К та тиску 200 Па протягом 2 год. Використовували насичуючі середовища такого складу: 1 - 90%N<sub>2</sub> + 5%С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub> + 5%Ar, 2 - 90%N<sub>2</sub> + 10%С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub>, 3 - 95%N<sub>2</sub> + 5%С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub>. Дослідження фазового складу, розподілу та рухливості атомів проводили методами

рентгеноструктурного, рентгеноспектрального та пошарового радіометричного аналізів, макро-, мікро-, електронномікроскопічної, активаційної авторадіографії. Використовувалися стабільні та радіоактивні ізотопи <sup>55</sup>Fe, <sup>13</sup>N, <sup>14</sup>C, <sup>41</sup>Ar, <sup>85</sup>Kr.

**Результати та їх обговорення.** Як показали проведені дослідження, найбільша кількість карбонітрідів на поверхні та на початку дифузійної зони виникає при застосуванні середовища з максимальним вмістом азоту 95% (рис. 2.a). Трохи менша кількість при 90% азоту, 5% пропану, 5% аргону. Ще менша при насиченні у середовищі, де є 90% азоту та 10% пропану. Однак за межами зони карбонітрідів кількість азоту на різних глибинах та сама протяжність дифузійної зони вища при наявності у насичуючому середовищі 5% аргону. Можна припустити, що більш інтенсивне насичення заліза азотом у такому випадку пов'язане з деяким розпушуванням кристалічної ґратки завдяки виникненню дисперсних газонаповнених пор та твердому розчину вилучення аргону у залізі.

Що до фазового складу дифузійної зони (рис. 2 б), то у всіх випадках виникають гексагональний карбонітрид з порушеною стехіометрією (надлишок азоту), цементитна фаза, що містить також азот, з ромбічною симетрією, гранецентрований нітрид, твердий розчин азоту, який містить незначні сліди атомів вуглецю. Різниця полягає лише в кількості вуглецю та азоту у твердому розчині та фазах втілення, а також у

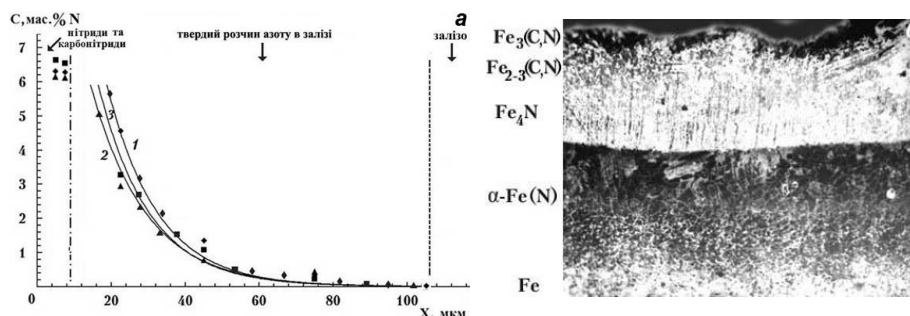


Рис. 2 – Розподіл азоту у залізі під дією жевріючого розряду у трьох середовищах (а) та типовий фазовий склад дифузійної зони при використанні будь-якого із зазначених середовищ (б).

співвідношенні утворених фаз. При наявності у насичуючому середовищі інертних газів виникають рівномірно розподілені пори розміром до 1 мкм і деяка кількість твердого розчину метал-інертний газ.

Вплив виду розряду на проникнення атомів компонентів суміші та власних атомів у залізо показаний на рис. 3. З його розгляду видно, що імпульсний характер розряду сприяє більшому проникненню, ніж стаціонарний. Однак в тонкому приповерхневому шарі розподіл атомів, нітридних, карбонітридних фаз є рівномірним та однаковим для обох видів розряду. Збіднена область на початку дифузійної зони не перевищує  $0,6 \pm 0,1$  мкм.  $C_{\text{max}}$  у твердому розчині перевищує концентрацію на межі розділу в  $\sim 3$  рази.

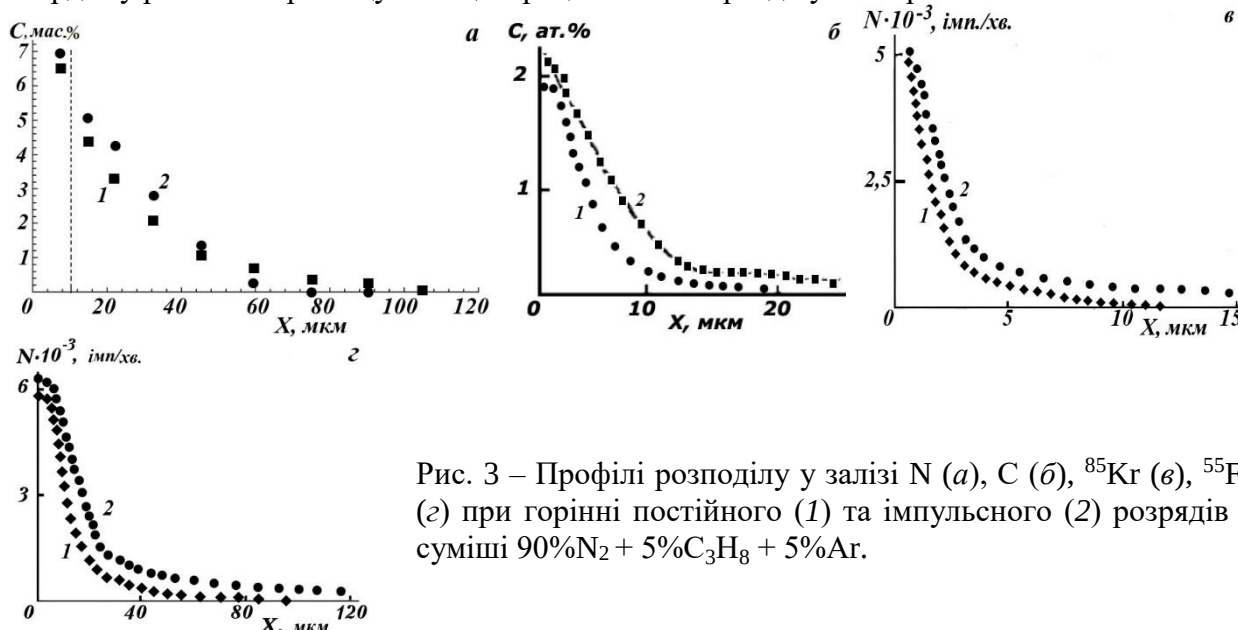


Рис. 3 – Профілі розподілу у залізі N (а), C (б),  $^{85}\text{Kr}$  (в),  $^{55}\text{Fe}$  (г) при горінні постійного (1) та імпульсного (2) розрядів у суміші  $90\%\text{N}_2 + 5\%\text{C}_3\text{H}_8 + 5\%\text{Ar}$ .

Отже, у шарі товщиною від 0,1 до 1 мкм на поверхні розділу металу та насичуючого середовища величина збідненої зони і положення максимуму концентрації практично не залежить від виду розряду. Однак насичення відбувається на більшу глибину та з більшою розчинністю азоту, вуглецю та аргону в матеріалах, підданих газорозрядній обробці, при застосуванні переривчатого розряду у порівнянні з безперервним.

### Список посилань

1. Ляшенко Б.А. Оптимизация технологии нанесения покрытий по критериям прочности и износостойкости / Б.А. Ляшенко, В.И. Соловых, В.И. Мирненко, А.В.Рутковский // Киев: изд. Института проблем прочности НАНУ, 2010. – 193 с.

УДК 539.219.3:53.09

Герцрікен Д.С., канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник  
 Мазанко В.Ф., докт. техн. наук, професор  
 Зайцева Н.В., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник  
 Богданов С.Є., канд. фіз.-мат. наук, наук. співробітник  
 Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ,  
[deciatinka@gmail.com](mailto:deciatinka@gmail.com)

## ВПЛИВ АГРЕГАТНОГО СТАНУ СЕРЕДОВИЩА ПРИ ДІЇ ІСКРОВИХ РОЗРЯДІВ НА В ЗАЄМОДІЮ ЗАЛІЗА З АЗОТОМ ТА АМІАКОМ

Розглянемо, як може впливати на міграцію атомів та фазоутворення щільність (агрегатний стан) середовища, в якому діють іскрові розряди.

Для обробки зразків іскровими розрядами та нанесення покриттів використовується установку «Елітрон-22», що складається з генератора імпульсних струмів і блоку навантажень. Принцип її дії заснований на генеруванні електроіскрових розрядів між двома електродами (катодом - оброблюваний виріб і анодом - матеріал, призначений для легування оброблюваної поверхні) при подачі на них напруги з генератора. Використовувалися залізний анод та середовище азоту або аміаку. В ряді експериментів на зразку чи аноді знаходилися тонкі шари радіоактивного ізотопу заліза  $^{55}\text{Fe}$ . Дослідження фазового складу, розподілу та рухливості атомів проводили методами рентгеноструктурного та пошарового радіометричного аналізів, макро-, мікро-, електронномікроскопічної, активаційної авторадіографії.

Атоми азоту, що утворюють в процесі ЕІЛ  $^{55}\text{Fe}_4\text{N}$ , розташовуються переважно вздовж меж зерен (рис. 1), а твердий розчин азоту в залізі і власні мічені атоми заліза знаходяться всередині зерен. Нітрид заліза і твердий розчин азоту в залізі зберігають ГЦК і ОЦК, відповідно. Однак співвідношення компонентів в нітриді дещо відрізняється від стехіометричного, замість 1:4 спостерігається 1:4,2. Отже, формування нітриду відбувається з невеликою нестачею азоту.

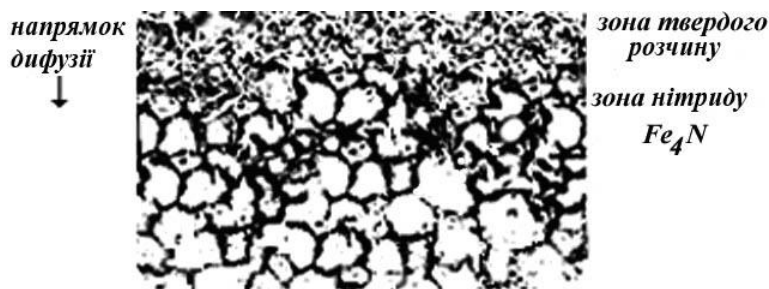


Рис. 1 – Мікроавторадіограма заліза, насиченого стабільним азотом і ізотопом  $^{55}\text{Fe}$  в процесі легування,  $\times 500$ ,  $W = 3,6$  Дж,  $\tau_1 = 200$  мкс,  $\tau = 30$  с,  $l_{\text{МЕП}} = 0,5$  мм.

Аналогічний розподіл по межах зерен нітридних фаз  $\text{Fe}_4\text{N}$  з міченими атомами азоту показав активаційний аналіз ( $^{13}\text{N}$ ) (рис. 3 а, б). Однак, згідно з даними рентгеноструктурного аналізу, в дифузійній зоні також є твердий розчин азоту в залізі, який зазвичай знаходиться в об'ємі зерен [1]. Отже, в даних умовах експерименту можна припустити, що всередині зерна розташовується твердий розчин азоту в залізі, а нітрид заліза знаходиться в металі вздовж границь зерен.

Авторадіографічний аналіз показав, що глибина проникнення атомів азоту і мічених атомів заліза, що відбувається за об'ємом зерен, складають відповідно 40 і 45 мкм, виділення нітридів на границях зерен припиняються на глибині до 35 - 40 мкм.

При використанні середовища рідкого азоту фазовий склад покриття, що формується, і перехідної зони між покриттям і підкладкою дещо змінився. Так, на поверхні утворюються нітрид  $\text{Fe}_4\text{N}$  з надлишком азоту ( $x_{\text{N}} / x_{\text{Fe}} = 1:3,8$ ) і азотний мартенсит з

максимальним співвідношенням  $c/a$ , рівним 1,078, що відповідає вмісту в кристалічній решітці заліза  $\sim 1,6\%$  ваг., тобто  $\sim 6,4\%$  ат. [2]. Концентраційні профілі азоту, визначені як по зміні параметра решітки  $\alpha$ -Fe, так і за ступенем почорніння при активаційній авторадіографії, і мічених атомів заліза  $^{55}\text{Fe}$  описуються на всьому протязі експоненційної залежністю від квадрата глибини проникнення, що становить відповідно 45 - 48 (в залежності від методу) і 52 мкм. Що ж стосується фази втілення, то вона присутня протягом всієї дифузійної зони аж до  $\sim 40$  мкм, але відбувається зменшення з глибиною її кількості в кожній площині, паралельній поверхні, а також вмісту азоту в нітриду з переходом через стехіометричне співвідношення. В шарі, де вміст нітридів невеликий, тобто в ближче до кінця дифузійної зони,  $x_{\text{N}} / x_{\text{Fe}}$  становить 1: 4,5. Коефіцієнти дифузії азоту і заліза в заліза при переході до обробки в середовищі рідкого азоту збільшуються відповідно в 3,02 і 3,1 рази. Слід зауважити, що з порівняння авторадіограм, приведених на рис. 2 б та 2 в, видно, що ступінь почорніння, тобто кількість прониклих у залізо атомів азоту як у твердому розчині, так і нітридах суттєво більша при горінні розряду у рідкому азоті.

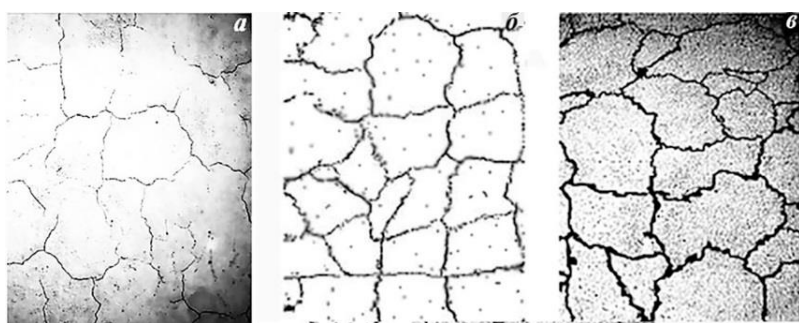


Рис. 2 – Мікроструктура (а) і мікро-авторадіограми в випромінюванні активованого азоту  $^{13}\text{N}$  заліза, насиченого азотом за режимом  $W=2,4$  Дж,  $\tau_1=200$  мкс,  $\tau=30$  с,  $l_{\text{МЕР}}=2$  мм, у газовому (б) та рідкому (в) середовищах,  $\times 2000$

Оскільки зниження температури до кріогенних призводить до збільшення рухливості атомів при багатьох видах імпульсних навантажень, в тому числі при дії іскрових розрядів, неможливо визначити, що саме спричинило пришвидчення масоперенесення – зменшення температури обробки нижче порогового значення, після чого починається різке зростання міграції атомів, чи збільшення щільності середовища, тобто введення в метал, більшої кількості азоту.

Для виключення впливу температури на дифузійне проникнення елементів середовища підчас ЕІЛ розглянемо взаємодію заліза з аміаком, який при однаковій температурі знаходиться у різному агрегатному стані.

Експерименти з газоподібним аміаком ( $d = 0,723$  кг/м<sup>3</sup>) проводили при кімнатній температурі і нормальному тиску, а для отримання при кімнатній температурі аміаку в рідкому стані з щільністю  $d = 686$  кг/м<sup>3</sup> застосовували тиск 0,7 МПа. При цьому, однак, треба враховувати, що всебічне стиснення зменшує рухливість атомів. Однак прояв цього ефекту вимагає значно більших тисків. Тому з певним ступенем точності можна порівнювати результати досліджень взаємодії заліза з рідким і газоподібним аміаком при однаковій температурі 293 К. Проведені дослідження показали, що глибина проникнення азоту з середовища істотно залежить від її щільності, тобто її агрегатного стану (рис. 3). Порівняння профілів, що утворилися при обробці в рідкому і газових середовищах, показує відмінності в глибинах проникнення (в 4 рази) і в кількості азоту в поверхневому шарі (на 20%) і на всьому протязі дифузійної зони (в  $\sim 5$  разів). Коефіцієнти дифузії азоту в газовому і рідкому середовищах становлять відповідно  $3,9 \cdot 10^{-8}$  см<sup>2</sup>/с і  $1,7 \cdot 10^{-7}$  см<sup>2</sup>/с. Отже наявність більш щільного (на  $\sim 4$  порядки) середовища сприяє збільшенню рухливості атомів азоту в Fe приблизно в 5 разів. Дослідження рухливості ізоотопу заліза  $^{55}\text{Fe}$ , нанесеного перед ЕІЛ на поверхню зразків, показало, що в цьому випадку немає такого помітного впливу щільності середовища на міграцію атомів. Спостерігається тільки невелике збільшення глибини проникнення на 30% і зменшення крутизни профілю. Коефіцієнти самодифузії

заліза в газовому і рідкому середовищах становлять відповідно  $4,9 \cdot 10^{-8}$  см<sup>2</sup>/с і  $7,8 \cdot 10^{-8}$  см<sup>2</sup>/с. Тобто даний приріст є лише в півтора рази. Можливо, що зростання рухливості власних мічених атомів заліза пов'язане з більшою кількістю іонів азоту  $N^+$ ,  $N_2^+$ , водню  $H^+$ , радикалів  $NH_2^+$ ,  $NH_3^+$ , що утворюються в плазмі розряду.

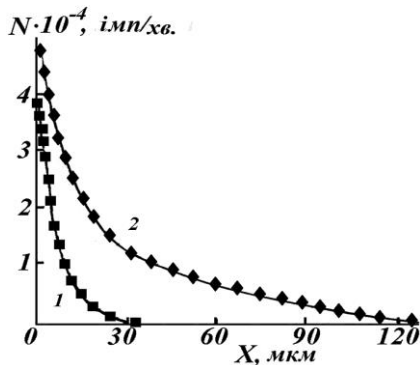


Рис. 3 – Проникнення азоту в залізо, оброблюване в середовищі газоподібного (1) і рідкого (2) аміаку при  $T_{\text{кімн.}}$

Із співставленням приростів коефіцієнтів самодифузії заліза у рідкому середовищі азоту та аміаку порівняно з газоподібним випливає, що має місце значне збільшення рухливості власних атомів у залізі при обробці за криогенних температур. Отже можна припустити, що у дифузійний потік атомів азоту в середовищі рідкого азоту також є внесок масоперенесення внаслідок зменшення розсіювання дифундуючих атомів на фонах ще на стадії пружного навантаження та міграції атомів в полі дії напружень. І лише обробка іскровими розрядами в середовищі аміаку з різним агрегатним станом при одній температурі наочно демонструє зростання рухливості атомів азоту в залежності від щільності середовища.

Вивчення фазового складу дифузійної зони показало, що він не залежить від агрегатного стану середовища. Змінюються тільки кількості утворених фаз. З підвищенням щільності аміаку збільшується вміст азоту в твердому розчині і  $\gamma'$ -фазі на поверхні: азотистий мартенсит характеризується співвідношенням  $c/a$ , рівним 1,08, а нітрид  $Fe_4N$  має надлишок азоту  $x_N/x_{Fe} = 1:3,6$ . З віддаленням від поверхні відбувається більш повільне зменшення концентрації азоту. Зазначимо, що хоч середовище чистого азоту характеризується більшою щільністю, ніж середовище аміаку, завдяки більшим енергії розряду і тривалості обробки збільшується інтенсивність розчинення і міграції азоту. Локалізація утворених фаз також не залежить від щільності аміачного середовища. В обох випадках твердий розчин знаходиться всередині зерен, а нітрид відкладається по межах зерен, як це має місце при взаємодії заліза з газоподібним азотом.

Отже, при взаємодії заліза з аміаком, який при однаковій температурі знаходиться у різному агрегатному стані при однаковій температурі за рахунок різного тиску, виявилось, що в більш щільному середовищі для дифузії власних атомів має місце невелике збільшення глибини проникнення на 30% і зменшення крутизни профілю, в той час як дифузія атомів азоту характеризуються зростання швидкості перенесення майже в 5 разів. Локалізація утворених фаз не залежить від щільності аміачного середовища. В обох випадках твердий розчин знаходиться всередині зерен, а нітрид відкладається по границях зерен, аналогічно тому, що має місце при обробці у газоподібному та рідкому азоті. З підвищенням щільності аміаку збільшується вміст азоту в твердому розчині і  $\gamma'$ -фазі на поверхні: азотистий мартенсит характеризується співвідношенням  $c/a$ , рівним 1,08, а нітрид  $Fe_4N$  має надлишок азоту  $x_N/x_{Fe} = 1:3,6$ .

#### Список посилань

1. Мазанко В.Ф. Диффузионные процессы в металлах под действием магнитных полей и импульсных деформаций, т. 2 / В.Ф. Мазанко, А.В. Покоев, В.М. Миронов, Д.С. Герцрикен, Д.В. Миронов, Г.В. Луценко – М.: Машиностроение, 2006. – 320 с.
2. Лякишева Н.П. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: в 3 т./ Под общ. ред. акад. РАН Н.П. Лякишева – М.: Машиностроение, 1996. – 991 с. (т. 1.); 1997. – 1023 с. (т. 2.); 2001. – 872 с. (т. 3, кн.1.).

УДК 691.328.1

Болотов М.Г., канд. техн. наук, доцент  
 Болотов Г.П., докт. техн. наук, професор  
 Деркач О.Л., канд. техн. наук

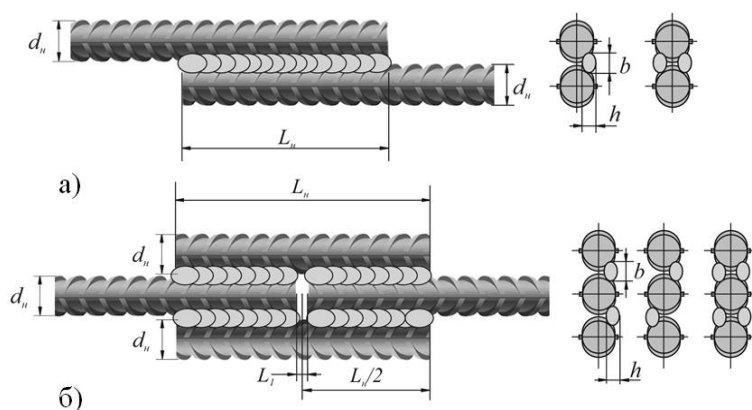
Національний Університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, [bolotovmg@gmail.com](mailto:bolotovmg@gmail.com)

## МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ АРМАТУРИ ЗАЛІЗОБЕТОНУ

Основним етапом технологічного процесу при зведенні будівель та споруд із збірних або збірно-монолітних залізобетонних конструкцій (ЗБК) є улаштування арматурної сітки, суттєвий обсяг виконуваних робіт при виробництві якої припадає саме на зварювальні операції. Це, перш за все, обумовлено високою якістю зварних з'єднань в порівнянні з так званими без зварювальними способами із застосуванням поєднуваних муфт типу “Lenton”, або внапустку з перев'язуванням [1]. При зведенні будівель і споруд за монолітно-каркасною технологією найбільш широкого застосування набула арматура класів А-III та А-IV в гарячекатаному або термозміцненому стані діаметром 8...16 мм, виготовлених із сталей 35ГС, 25Г2С, Ст3Гпс та Ст5сп (пс), зварювання яких між собою забезпечується шляхом застосування ручного дугового, механізованого та ванно-дугового зварювання [2].

В роботі проведено комплекс експериментальних досліджень по визначенню характеристик міцності напусткових та стикових з'єднань з накладками арматурних стержнів виконаних електродуговим зварюванням, а також змодельований напружено-деформований стан зварних з'єднань при механічному випробуванні їх на розтяг.

Зварювання напусткових з'єднань типу С23-Ре виконували фланговими протяжними швами з одностороннім та двостороннім проплавленням (рис. 1а). Стикові з'єднання з парними круглими накладками типу С21-Рн виконували аналогічно до попередніх з одностороннім, шаховим та двостороннім проплавленням (рис. 1б). Зварювання проводили у відповідності до ГОСТ 14098-91.



Рису. 1 – Зварні з'єднання арматури виконані РДЗ:  
 а) напусткові типу С23-Ре;  
 б) стикові з накладками типу С21-Рн.

Механічні випробування зразків зварних з'єднань на розрив проводили у відповідності до ГОСТ 10922-90. За результатами механічних випробувань встановлено, що шви напусткових та стикових з'єднань, виконані із одностороннім проплавленням не забезпечують високої міцності з'єднань. Межа витривалості таких зразків не перевищує 192...321 МПа відповідно. Руйнування зразків увесь час відбувалося по зварному шву. Низька міцність односторонніх напусткових швів при випробуванні на розтяг обумовлена, вочевидь, складним напруженим станом, що виникає внаслідок не співвісності прикладання навантаження, і як наслідок, появи згинального моменту.

Зварювання арматури шаховими та двосторонніми швами дещо підвищило тимчасовий опір зварних з'єднань, але не дозволило досягти їх рівномірності. Так, показники міцності напусткових та стикових з'єднань арматурних стержнів в наших дослідях коливалися в

межах 411...578 МПа, що дещо поступається міцності основного металу (600 МПа). Руйнування зразків відбувалося увесь час по ЗТВ і носить крихкий характер (рис. 2.).

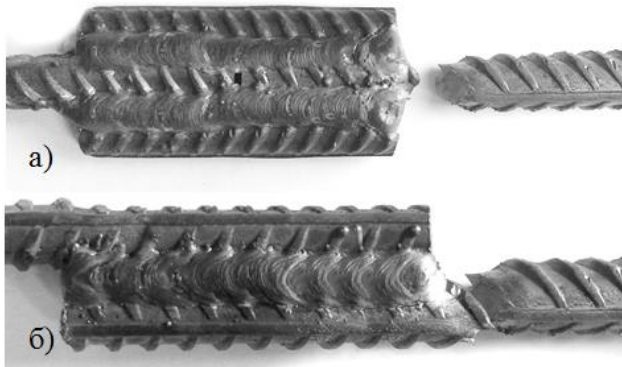


Рис. 2 – Зразки зварних з'єднань арматури після натурних випробувань на розрив:  
а) стикових з парними накладками;  
б) напусткових.

Сучасні засоби математичного моделювання дозволяють прогнозувати механічну поведінку елементів конструкцій, у тому числі нелінійну поведінку матеріалів. Дослідимо несучу здатність зварних з'єднань арматурних стержнів залізобетону. Для цього було побудовано скінченно-елементну моделі арматурних стержнів залізобетону. Моделювання здійснювали у системі ANSYS Explicit Dynamics. Результати моделювання приведені на рис. 3.

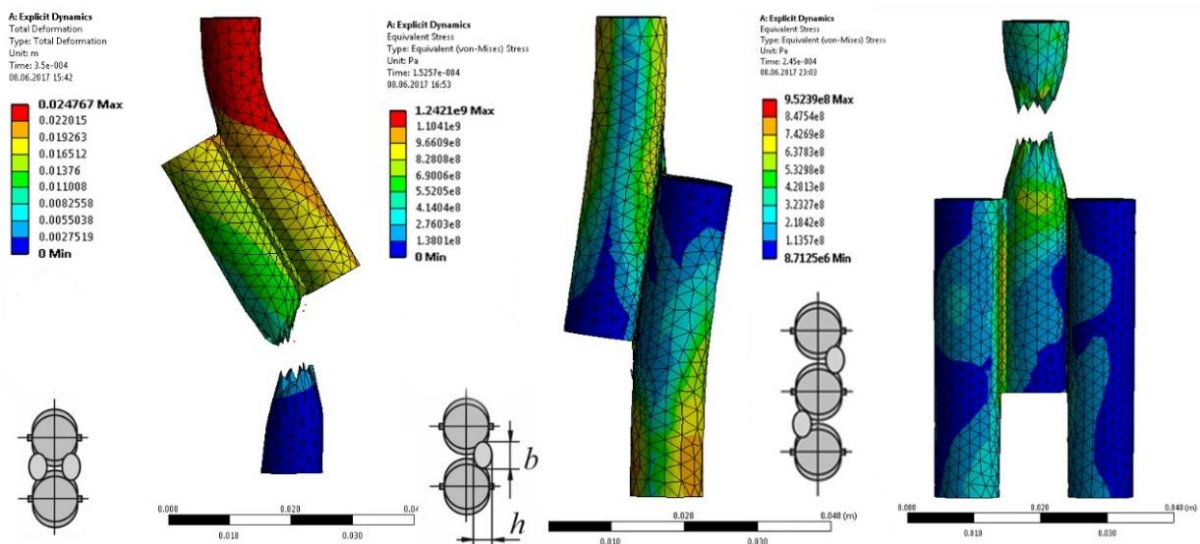


Рис. 3 – Моделювання напружено-деформованого стану зварних арматурних зразків:  
а) напусткових з двосторонніми швами; б) односторонніх напусткових; в) стикових з парними накладками виконаних шаховими швами.

Аналіз отриманих результатів моделювання напружено-деформованого стану зразків зварних з'єднань арматури залізобетону показав кореляцію результатів розрахунку із результатами отриманими в ході натурних досліджень.

#### Список посилань

1. Врублевская В.В. Исследование прочности крестообразных соединений из стальной арматуры малых диаметров, выполненных дуговой сваркой полуавтоматом в среде активного газа / В.В. Врублевская, А.А. Васильев, Д.М. Гурский // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 80-85.
2. Болотов Г.П. Ручне дугове зварювання будівельних сталей малоамперною дугою модульованим струмом / Г.П. Болотов, М.Г. Болотов, С.В. Олексієнко // ЧНТУ, Технічні науки та технології. – 2015. – № 1. – С. 48-53.

УДК 621.791.019

Гаєвський О.А., канд. техн. наук, доцент

Гаєвський В.О., канд. техн. наук

Пічугін І.С., студент

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ,

[ggoa@ukr.net](mailto:ggoa@ukr.net)

## ПРОЦЕСНООРІЄНТОВАНИЙ СТАТИСТИЧНИЙ КРИТЕРІЙ ПРИЙНЯТНОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вибір зварювальних матеріалів є одним з вирішальних факторів забезпечення виконання вимог щодо якості зварних швів. Традиційно критерієм прийнятності зварювального матеріалу вважають перебування у межах діапазону допустимих всіх експериментально отриманих значень показника якості швів, зварених з використанням досліджуваного матеріалу. Такий підхід не унеможливорює перебування показника якості за межами допустимого на окремих ділянках зварного шва. Діапазон допустимих значень показника якості металу зварного шва визначається специфікацією на зварний виріб. В залежності від характеристики металу зварного шва розрізняють двосторонній діапазон допустимих значень або односторонні діапазони. Нижня границя діапазону допустимих значень задається специфікацією як  $LSL$ , а верхня границя  $USL$  [1].

На сучасному підприємстві зварювального виробництва більшість видів діяльності представляються як процеси і потребують застосування відповідних процесному підходу методів та інструментів [2]. Як критерій прийнятності зварювальних матеріалів по характеристиці якості металу зварного шва [1] за встановленим нижнім допустимим значенням ( $LSL$ ) може бути застосований індекс працездатності процесу по нижній границі:

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (1)$$

де  $\mu$ ,  $\sigma$  – математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення значень характеристики якості у вибірці.

Критерієм прийнятності за встановленим верхнім допустимим значенням ( $USL$ ) може бути індекс працездатності процесу зварювання по верхній границі, який визначається:

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad (2)$$

Якщо індекси працездатності процесу зварювання досліджуваним матеріалом по нижній та верхній межі не перевищують значення 1,67, такий зварювальний матеріал є прийнятним для виготовлення заданого зварного виробу.

Проведене дослідження по застосуванню індексу працездатності процесу зварювання до вибору зварювальних матеріалів для балки мостового переходу свідчить про вищу результативність запропонованого підходу порівняно з класичним. При цьому унеможливується застосування матеріалу, який може призводити до невиконання вимог на окремих ділянках зварного шва.

### Список посилань

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>
2. Costa A.R. (2019). Six Sigma: Main Metrics and R Based Software for Training Purposes Purposes and Practical Industrial Quality Control. / Ana Rita Costa, Carla Barbosa, Gilberto Santos, M. Rui Alves // Quality Innovation Prosperity. – 2019. – № 23(2), – p. 83-100. <https://doi.org/10.12776/qip.v23i2.1278>

УДК 621.791.762.1

Зягор І.В., канд. техн. наук  
 Завертанний М.С., канд. техн. наук  
 Наконечний А.О.

<sup>1</sup> Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ, [zyakhor2@ukr.net](mailto:zyakhor2@ukr.net)

Wang Qichen<sup>2</sup>

<sup>2</sup> SIMC Offshore Engineering Institute Company Limited, [qichen.wang@cimc-raffles.com](mailto:qichen.wang@cimc-raffles.com)

## БІМЕТАЛІЧНІ ПЕРЕХІДНИКИ СПЛАВ CuCrZr – СТАЛЬ 316L

При проектуванні конструкції системи охолодження вольфрамових моноблоків дивертора для Міжнародного експериментального термоядерного реактора (ITER), виникла необхідність розробки технологій нероз'ємного з'єднання елементів різних сталей і сплавів на основі вольфраму, міді, нікелю, композиційних матеріалів. Одне із завдань – отримання трубчастих біметалічних перехідників системи охолодження моноблока дивертора із нержавіючої сталі 316L (SS316L) та дисперсійнозміцненого сплаву CuCrZr (Cu-0,8...0,9% Cr-0,07...0,15% Zr згідно EN 12163/12167) (рис. 1).

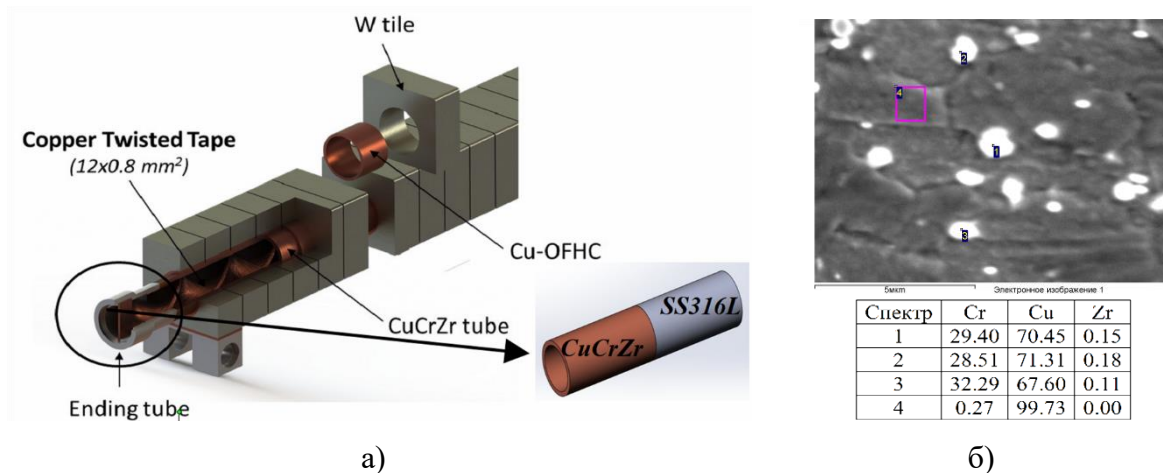


Рис. 1 – Елемент конструкції системи охолодження моноблока дивертора з біметалічним перехідником (а), структура та склад структурних складових сплаву CuCrZr,  $\times 10\ 000$  (б)

Вимоги до зварного з'єднання трубчастих біметалічних перехідників: відсутність будь-яких дефектів; газощільність при випробуванні гелієм під тиском 7,5 МПа; збереження заданих показників механічних властивостей сплаву CuCrZr. Найбільш ефективними для вирішення цього завдання є методи зварювання тиском, зокрема, зварювання тертям (ЗТ).

Мета роботи полягала у встановленні можливості виготовлення якісних, розробці ефективної технології їх ЗТ.

Досліджували формування з'єднань при двох різних схемах – безпосереднє ЗТ сплаву CuCrZr із сталлю 316L (схема 1) та ЗТ з використанням перехідного елемента (схема 2). У якості перехідного елемента використовували мідь М1 і технічний нікель НП2.

При металографічних дослідженнях стиків (рис. 2), виконаних ЗТ за схемою 1, спостерігається відсутність частинок зміцнюючої фази з боку сплаву CuCrZr на відстані 20...100 мкм від лінії з'єднання (ЛЗ). У той же час присутні значні скупчення високодисперсних частинок зміцнюючої фази (розміром 0,5...1 мкм) безпосередньо у ЛЗ з боку сплаву CuCrZr. Структура металу у ЛЗ та хімічний склад частинок зміцнюючої фази свідчать про дифузійне переміщення легуючих елементів зі сталі 316L у процесі ЗТ та утворення крихкого прошарку, збагаченого Cr, Fe з боку сплаву CuCrZr.

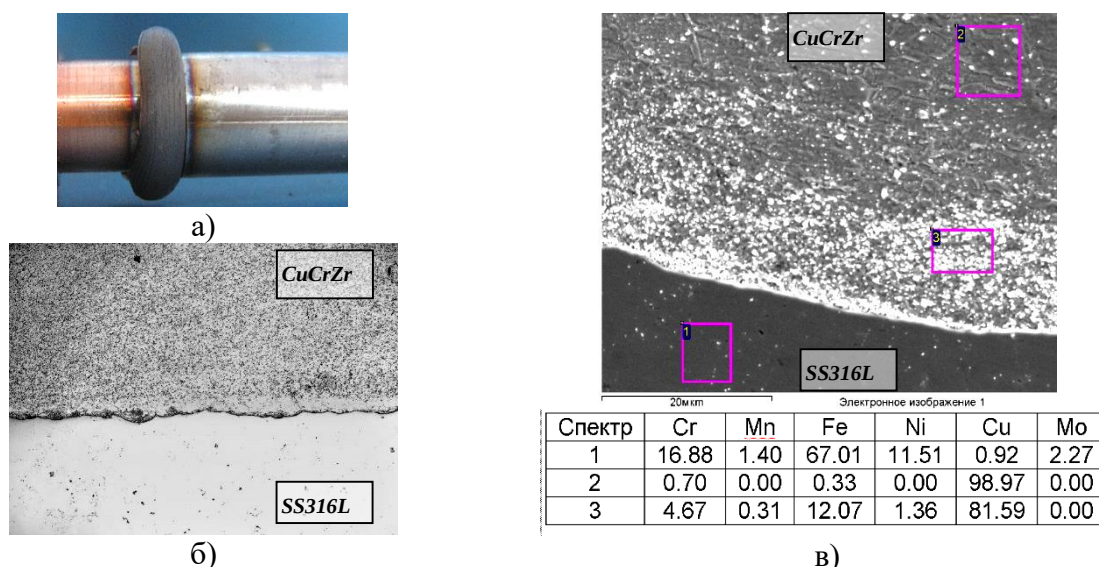


Рис. 2 – Зварний стик при 3Т за схемою 1 (а), мікроструктура (б), СЕМ-зображення та хімічний склад різних ділянок у зоні з'єднання сплав CuCrZr/сталь 316L (в)

На рис. 3. представлені біметалічні перехідники CuCrZr/сталь 316L, виконані 3Т за схемою 2 через проміжний прошарок нікелю НП2. При металографічних дослідженнях комбінованого з'єднання CuCrZr / НП2 / сталь 316L фіксується відсутність будь-яких дефектів і рівномірний розподіл частинок зміцнюючої фази з боку сплаву CuCrZr.

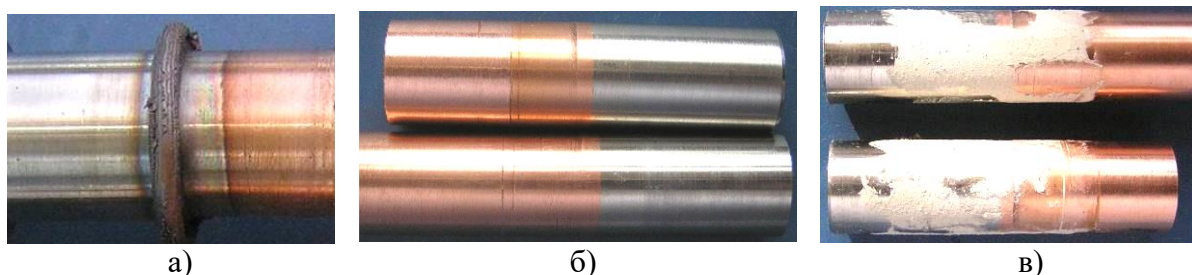


Рис. 3 – Біметалічні перехідники CuCrZr/НП2/SS316L, виконані 3Т, – зварний стик (а), зразки після механічної обробки (б) і контролю проникаючою рідиною (в)

Мікроструктура в зоні з'єднання, представлена на рис. 4. Після термічної обробки перехідників показники мікротвердості металу в зоні з'єднання з боку сплаву CuCrZr відновлюються та відповідають вимогам EN 12163/12167.

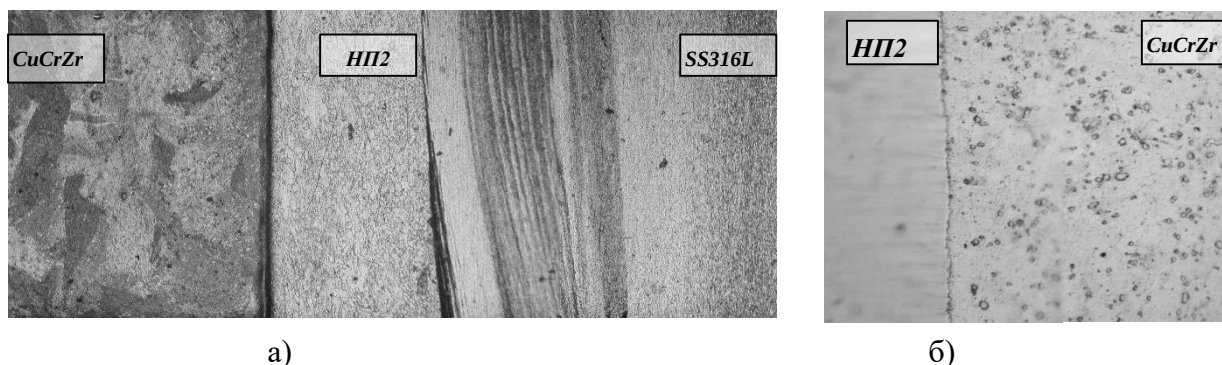


Рис. 4 – Мікроструктура з'єднання CuCrZr/НП2/SS316L,  $\times 25$  (а),  $\times 1000$  (б)

Випробування на газоцильність гелієм під тиском 7,5 МПа показали відповідність біметалічних перехідників технічним вимогам.

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  
Куликовський Р.А., канд. техн. наук, доцент  
Акритова Т.О., аспірант

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

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТИПУ КАРБІДНОЇ ФАЗИ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЗАЛІЗОХРОМВУГЛЕЦЕВОЇ КАРБІДОСТАЛІ

Як показали попередні дослідження, 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 зносостійкості деталі.

Для отримання гомогенної структури в усьому обсязі зв'язки необхідно використовувати при її виготовленні розпилений порошок заданого хімічного складу. У цьому випадку режими термічної обробки порошкової сталі, рівень зміцнення та її зносостійкість практично співпадають з режимами і рівнем властивостей, які характерні для литих кованих сталей аналогічного хімічного складу.

Подальше підвищення зносостійкості порошкових матеріалів, що здійснюється за допомогою введення в порошкову суміш синтетичних карбідів (виготовлення карбідосталі), вимагає вирішення деяких питань, пов'язаних із взаємодією карбідів та сталі-зв'язки при термічній обробці та зношуванні.

Досліджувалися зразки порошкової сталі-зв'язки ПХ12Ф1, отриманої способом гарячого ізостатичного пресування розпиленого порошку складу 1,4% С, 11,7% Cr, 0,9% V. В якості твердої фази використовувався карбід хрому  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  і карбід титану  $\text{TiC}$ . Кількість карбідів – 20% обсягу шихти, фракція карбідів – 0...15 мкм, фракція порошку сталі-зв'язки – 63...250 мкм. В якості абразива при випробуваннях на опір абразивному зношуванню застосовувався вогнетривкий шамот.

Металографічні дослідження показали, що тип і форма карбідної фази практично не впливають на рівномірність її розподілу за обсягом карбідосталі, карбіди розташовуються між порошинками сталі-зв'язки, утворюючи свого роду карбідний каркас.

Випробування на опір абразивному зношуванню показали, що введення карбідів у порошкову сталь-зв'язку сприяє підвищенню (більш ніж у два рази) зносостійкості, особливо для сталі з переважно мартенситною структурою.

При підвищенні температури гартування карбідосталі для утворення переважно аустенітної структури матриці сталі-зв'язки виявлено різку відмінність у рівні їх зносостійкості: зносостійкість карбідосталі з  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  знижується, а зносостійкість карбідосталі з  $\text{TiC}$  зростає.

Результати мікрорентгеноспектрального аналізу показали, що синтетичний  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  схильний до розчинення у зв'язці вже при спіканні і при подальшій термообробці, що негативно позначається на структурі та зносостійкості карбідосталі. У карбідотитановій карбідосталі з підвищенням температури загартування розчинність  $\text{TiC}$  у сталі-зв'язці практично не змінюється.

Тому, для створення карбідостали зі зв'язкою, що має в термообробленому стані аустеніто-мартенситну структуру, здатну ефективно зміцнюватися в процесі зношування за рахунок фазових  $\gamma \rightarrow \alpha$  – перетворень, необхідно в якості твердої фази використовувати карбіди або інші з'єднання, що мають обмежену розчинність у залізі, наприклад,  $\text{TiC}$ .

УДК 621.389

Рассамакін В.Я., канд. техн.наук, доцент

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [rassamakin\\_vr@knu.edu.ua](mailto:rassamakin_vr@knu.edu.ua)

## ЗАСТОСУВАННЯ PECVD ГІДРОГЕНІЗОВАНИХ ШАРІВ SiNH У НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПРИЛАДАХ

Інтерес до дослідження плазмохімічних шарів нітриду кремнію, а також можливостей його застосування і сьогодні не втратив своєї актуальності [1,2]. До пріоритетів отримання таких плівок відносять низьку, до 400<sup>0</sup> С температуру осадження, при малих енергетичних значеннях тліючого розряду, можливість використання у середовищі плазми різноманітних вихідних реагентів, широким варіюванням складу і властивостей шарів.

Одним з різновидів технологій низькотемпературного синтезу нітрідних шарів у височастотній газорозрядній плазмі є процеси з використанням гідридів, моносилану та аміаку. По-суті, такі плазмохімічні шари не ототожнюються з речовиною, склад якої виражається формулою Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> з відповідним стехіометричним співвідношенням Si/N=0,75. Процес плазмохімічного осадження на основі гідридів дозволяє синтезувати аморфні шари, схильні до надмірного вмісту водню та широко варіювати відношення Si/N. Так, що його склад можна подати у вигляді емпіричної формули Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>H<sub>z</sub>. Це сприяє отриманню плівок із цілим спектром фізико-хімічних, електрофізичних властивостей. Слід також відзначити чутливість складу та властивостей таких плівок до термічного відпалу, перетворення їх структурних форм Si-H, N-H.

В рамках проведених робіт було досліджено можливості застосування гідрогенізованих шарів нітриду кремнію як активних та пасивних компонентів кремнієвих напівпровідникових інтегральних схем, зокрема підзатворного діелектрика структур метал-нітрид-окис-напівпровідник, міжрівневої ізоляції, геттеруючих та пасивуючих шарів, фінішного захисту.

Шари SiNH виявили здатність ефективно компенсувати структурні порушення та пригнічувати генераційно-рекомбінаційну активність межі розділу діелектрик-напівпровідник. Це дозволило впровадити плівки у конструктивно-технологічні рішення та у маршрут виготовлення ряду напівпровідникових приладів.

Гідрогенізовані шари нітриду кремнію знайшли також своє успішне застосування в якості антивідбивного покриття в структурах сонячних напівпровідникових фотоперетворювачів, що особливо сьогодні важливо з погляду вирішення екологічних завдань, переходу на відновлювані джерела енергії.

### Список посилань

1. Особенности электрических свойств слоев нитрида кремния SiNx, обогащенных кремнием, при различных стехиометриях для фотовольтаических применений / L. Boudjemila, B. Mahmoudi, K. Khenfer, В. Краснощеков, В. Давыдов, Ю. Рудь, Ф. Свитала, А. Черемисин, // Матеріали ХХІ Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство», м. Київ, Україна, 2020. – С. 118 – 119.

2. Свойства пленок нитрида кремния, полученных методом химического осаждения из газовой фазы с применением плазмы / Николаенко С.П., Леонович Н.В., Котов Д.А.// 56-я Научная Конференция Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР, Минск, 2020. – С. 19.

3. Плазмохимическое осаждение пленок нитрида кремния для полупроводниковых СБИС: автореф. дис. канд. техн. наук: (05.27.06) / Рассамкин В.Я.; АН УССР, Ин-т полупроводников – Киев, 1990 – С. 16.

УДК 621.7(075.8)

Романенко В.В., канд. техн. наук, доцент  
Головко Л.Ф., докт. техн. наук, професор  
Блощин М.С., канд. техн. наук  
Савченко О.А., магістр  
Ототюк О.С., бакалавр

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,  
[romvvv@gmail.com](mailto:romvvv@gmail.com)

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПЛАЗМОВИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОЦИКЛУВАННЯ

Запропоновано, розроблено і досліджено новий спосіб підвищення якості і міцності зчеплення плазмових зносостійких покриттів на зовнішніх поверхнях зброї, виготовленої із високолегованих, жароміцних сталей, застосуванням додаткового циклічного (3-4)-х кратного їх нагріванням лазерним опроміненням до температур, 0,6–0,8Т<sub>пл</sub> покриття, на протязі кількох мілісекунд. Проаналізовано основні фактори й параметри процесу, взаємозв'язки між ними, діапазони зміни їх значень, розроблено алгоритм визначення раціональних умов лазерного термоциклування. Наведено результати математичного моделювання лазерного циклічного нагрівання плазмових покриттів ХТН різної товщини, що дозволяють визначати параметри опромінення, які забезпечують їх нагрівання до температур на границі «покриття–основа»  $\leq 1000^{\circ}\text{C}$ , на поверхні - до  $T < T_{\text{пл}}$ , при максимальних швидкостях охолодження. Доведено, що лазерне термоциклування забезпечує підвищення міцності зчеплення покриттів з основою з 160–200 до 900–1100 МПа, зменшення пористості з 8–10% до 2–3%, що обумовлено перерозподілом легуючих складових, на межі «покриття–основа», з утворенням між ними елементів металургійного зв'язку, сприяє значному збільшенню зносостійкості і зниження коефіцієнту тертя в наслідок утворення вторинних ультрадисперсних плівкових структур.

Отримані результати свідчать, що лазерна термоциклічна обробка знижує крихкість і збільшує пластичність плазмових покриттів, підвищує здатність до утворення вторинних структур і обумовлює збільшення їх зносостійкості.

### Список посилань

1. Ющенко К.А. Інженерія поверхні / К.А. Ющенко – Київ: Наукова думка, 2007. – 559с.
2. Глебова М.А. Повышение качества газотермических покрытий при термической обработке токами высокой частоты и лазерным лучом / М.А. Глебова, А.Б. Корнев, В.В. Глебов // Сварочное производство. – 2004. – №6. – С.43 – 46.
3. Гончаров В.С. Гибридная технология газотермических упрочняющих покрытий при восстановлении деталей сложной геометрии. Проведение научных исследований в области машиностроения: сборник матер. Всерос. научно-технич. конфер. Тольятти: 2009. Ч. 1. –2009. – С. 159-164.
4. Трощенко В.Т. Покрытия и их использование в технике. Прочность материалов и конструкций: / под ред. В.Т. Трощенко – К.: 2006. – С. 981 – 1074.
5. Коваленко В.С., Лазерное и электроэрозионное упрочнение материалов / В.С. Коваленко, А.Д. Верхотуров, Л.Ф. Головко, И.А. Подчерняева – М.: Наука, 1986 – 276с.
6. Кіндрачук М.В. Спосіб виготовлення газотермічних покриттів металевих деталей/ М.В. Кіндрачук, Л.Ф. Головко, В.С. Коваленко, Мейсам Хагеризаде // Патент 64344,МПК В23К 26/06 Україна, заявл.10.03,2011., опубл. 10.11.2011 Бюл. №21.

УДК 629.7(045)=161.2

Романенко В.В., канд. техн. наук, доцент  
Головко Л.Ф., докт. техн. наук, професор  
Блощин М.С., канд. техн. наук  
Ототюк О.С., бакалавр

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,  
[m.bloshchytsyn@gmail.com](mailto:m.bloshchytsyn@gmail.com)

## ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ПОПЕРЕДНІМ ЛАЗЕРНИМ МОДИФІКУВАННЯМ ЇХ ПОВЕРХОНЬ

Було проведено аналіз перспектив покращення характеристик клейових з'єднань деталей авіаційної техніки з фокусом на властивостях поверхонь з'єднаних деталей. Відштовхуючись від минулих праць різних авторів, запропоновано методику покращення характеристик клейових з'єднань деталей авіаційної техніки шляхом попередньої лазерної обробки поверхні деталей. Відомо, що обробка металів висококонцентрованими джерелами енергії забезпечує надзвичайно високі швидкості нагрівання і охолодження оброблюваних матеріалів. Під час швидкого нагрівання і відпуску відбуваються якісні структурні зміни в матеріалі, в тому числі формуються наноструктури. При цьому утворені структури можуть мати більшу ефективну площі за рахунок утворених структур на поверхневому рівні за рахунок утворених наноструктур. Таким шляхом, можна отримати поверхню, яка б значно покращила характеристики міцності клейового з'єднання.

Результати розрахунків з використанням перевіреної математичної моделі показали концентрацію енергії лазерного випромінювання в поверхневому шарі. Для підтвердження висунутої методики, була проведена серія експериментів з використанням наявних матеріалів, що підтвердила результати, отримані в математичній моделі, показавши відчутне покращення характеристик клейового з'єднання і довівши перспективність розвитку даної технології. Спираючись на отримані результати, було висунуто гіпотезу про утворення складної високодисперсної наноструктури в поверхневих шарах оброблених матеріалів.

### Список посилань

1. Hart-Smith L.J. (2011) Adhesively Bonded Joints in Aircraft Structures. In: da Silva L.F.M., Öchsner A., Adams R.D. (eds) Handbook of Adhesion Technology. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-01169-6\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-642-01169-6_44)
2. A. Kwakernaak, J. Hofstede, J. Poulis, R. Benedictus, Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining Technologies, Welding and Joining of Aerospace Materials, Woodhead Publishing, 2012, ISBN 9781845695323, <https://doi.org/10.1533/9780857095169.2.235>.
3. K. M. Tanvir Ahmed, Colin Grambow and Anne-Marie Kietzig Fabrication of Micro/Nano Structures on Metals by Femtosecond Laser Micromachining; Micromachines 2014, 5, 1219-1253; doi:10.3390/mi5041219
4. P. Shukla, D.G. Waugh, J. Lawrence, R. Vilar. Laser surface structuring of ceramics, metals and polymers for biomedical applications: a review, December 2016, DOI: 10.1016/B978-0-08-100883-6.00010-1
5. А.П. Петрова, И.С. Деев, Ю.В. Жердев, В.И. Бек, Д.А. Кардашов. Прочность клеевых соединений и структура эпоксикаучуковых полимеров у поверхности металлов, ВИАМ/1970-195739.

## СЕКЦІЯ 6

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

УДК 620.197

**Savenko V.I.**, Dr. Tech. Sci., Dr. Civil. Eng. ABU, professor  
Kiev National University of Construction and Architecture,  
[savenkoknuba@gmail.com](mailto:savenkoknuba@gmail.com)

**Vysotska L.M.**, Director of Private Enterprise «Ruslan and Liudymyla» Kyiv  
**Kushchenko I.V.**, Cand.Tech. Sci.(PhD) academic ACU, associate professor  
Pryazovskyi State Technical University, Mariupol

**Honcharenko T.A.**, Cand.Tech. Sci.(PhD) Corresponding Member ACU, Associate professor  
Kyiv National University of Construction and Architecture,

**Tkachuk V.M.**, Student Kyiv National University of Construction and Architecture

#### INNOVATIVE ECOPROTECTION OF METALS AGAINST CORROSION IN METAL- INTENSIVE STRUCTURES WITH THE HELP OF THE CONTRRUST RUST MODIFIER

Currently, corrosion losses in industrialized countries reach 3-5% of national income. This is especially true of metallurgical and chemical enterprises, oil and gas pipelines, watercraft and others, where elements and structures operate in highly aggressive environments of 4-5 degrees. The total damage from corrosion is billions of dollars due to emergencies, environmental disasters and so on. According to statistics, the lack of corrosion protection is the cause of almost 25 percent of accidents

As a result of corrosion, metals are converted into various compounds - oxides, hydroxides or salts, in the form of which they are in nature. It is difficult to take into account indirect losses from downtime and reduced productivity of equipment that has undergone corrosion, from disruption of the normal course of technological processes, from accidents caused by reduced strength of metal structures. Up to 10 percent of the produced metal is lost due to corrosion.

There are also indirect losses that are difficult to predict or predict. These are losses from downtime and reduced productivity of equipment that has undergone corrosion, from the disruption of normal technological processes, from accidents caused by reduced strength of metal structures, environmental pollution, insurance benefits and, most importantly, from fatalities.

The main idea and purpose of development-preservation of metal in metal-containing structures and products, environmentally friendly means, extending terms of safe operation of objects and protecting environment and people from harmful waste at cleaning of surfaces and from harmful substances at preparation of metal surfaces for painting by transformation. rust in the metal-polymer environmentally friendly film-coating in microcracks and pores inaccessible to sandblasting, protecting the metal from corrosion under a protective layer of coating or paint, without harming humans and the environment.

The main research methods are laboratory and field tests, as well as experimental implementations. Contrrust rust converter has passed successful tests, received positive feedback from consumers, has awards:

- tests were carried out in the EEZ Paton laboratory. polish; the inner part of the stainless steel cylinder is brought to a metallic luster; under air pressure of 200 kgf/cm<sup>2</sup> peeling of protective films is not revealed; with the help of "Contrrust" it is possible to determine the presence of spot corrosion by rinsing the tank;

- the welding process on the metal treated with "Contrrust" is somewhat more stable over time, the formation of the seam is facilitated by increasing the fluidity of the welding bath; when welding

electrodes for manual welding does not adversely affect the welding process and the chemical composition of the weld metal "

- protocol №08-8 / 06-16, №08-9 / 06-16, №08-13 / 07-16, calculation of the durability of protective coatings 18/869 "after the action of neutral salt spray and increasing humidity ( $98 \pm 2^\circ\text{C}$ ) and temperatures of  $+ 38 \pm 2^\circ\text{C}$  and  $19 \pm 2^\circ\text{C}$  in accordance with ISO 9227-2012 with a total duration of 984 hours - meets the requirements of the test program."

NASU IFH them. LV Pisarzhevsky "application of" Contrrust "does not impair the physical and mechanical ability of the tested materials, and their anti-corrosion properties are improved, the service life of protected objects increases by 2-3 times."

NASU FMI them. GV Karpenko "Contrrust" can be used in the preparation of steel surfaces in repair work in civil engineering, transport, shipbuilding, pipeline transport and coating systems, the extension of the service life of metals in conjunction with coatings for durability can be predicted in within 5 to 15 years ".

KiAZ "AVIANT" "positive results in all coating systems".

MONU "KNUBA" "as a result of tests it was found that the treatment of reinforcing bars with anti-corrosion agent" Contrrust "does not impair the adhesion of reinforcement to concrete, this tool can be used for treatment of corroded reinforcing bars class A240C... A500C and 60 heavy heavy constructive methods of concreting (from monolithic to shotcreting). Metal structures covered with a protective chelate-polymer film do not adversely affect the concrete.

Perfect protection against corrosion is provided by 80% special surface preparation, and only 20% by the quality of the coating systems used, paints and methods of their application and therefore "Contrrust" is a "hi-tech" breakthrough technology in the mechanism of rust removal from metal surfaces, on wet surfaces without loss of metal at all.

When isolating the metal surface from aggressive environments, an important role is played by chelating metal-polymer film-soil, which is formed when applied to the rust "Contrrust" and is the first layer in the coating system, which extends the life of the metal structure, which is very important to eliminate emissions. into the atmosphere of heavy metals and ensuring the durability of coating systems and achieving a high economic effect.

Aggressiveness of the production environment in the manufacture and use of "Contrrust" - no. The metal-polymer chelate film formed on the surface of the reduced metal acts as one (- two layers of soil) (ISO 4618: 2014) and replaces the stage of mechanical cleaning of the corroded surface to the degree of Sa 2.5 according to ISO 8501-1.

The converting power of Contrrust at an average rust thickness of  $300\text{ }\mu\text{m}$  reaches 100% purity. Metal-polymer film does not peel off under the influence of underground stray currents and aggressive environment

Data on the problems of anti-corrosion by chemical methods, in Ukraine, the Russian Federation, European countries and the United States shows the advantages of "Contrrust" even over the advertised Super Rust Killer "Loctite 7505", which turns rust into a solid base on the metal surface and acts essentially similar to "Contrrust", forming the first layer as a layer of primer, however, at elevated drying temperature, the protective film begins to blister and, moreover, "Loctite 7505" should not be applied to wet surfaces, metal surfaces under the sun, etc. ., the economic effect of its application is 7.8 times lower than "Contrrust".

Achieved results. Conclusions

1. Application of "Contrrust" provides high-quality preparation of a surface for finishing works. It is used to treat metal surfaces before applying a protective layer or paint.

2. All laboratory and field tests have shown high efficiency of this CONTRRUST modifier

3. Processing of reinforcement of reinforced concrete products by the CONTRRUST modifier does not worsen coupling of reinforcement with concrete

4. CONTRRUST modifier is not toxic, not harmful to humans and the environment natural material, which is less time consuming, expensive and safe to work compared to known methods, and the economic effect of experimental implementations is already over 65 million UAH.

#### References

1. Patent No. (11) 61544 "Contrast rust converter" Technical description Patent # 61544
2. Management of the Quality of Corrosion Protection of Structural Steel Based on Corrosion Risk Level / V. Korolov, Yu. Filatov, N. Magunova [etc.] // Journal of Materials Science and Engineering A & B. – New York: David Publishing Company. – 2013. – Vol. 3. – No. 11. – P. 740-747
3. Providing Corrosion and Functional Stability of Metal-Complexes and Critical Infrastructure Using Innovative High-Tech Eco-Resource Technologies. Monograph / [V.I. Savenko, A.A. Plugin, I.V. Kushchenko, L.M. Vysotska, O.A. Mashkov etc]. – Kiev, UAS.KNUCA 2019. – 306 p.
4. TUU 14333-082 / 001-98 «CONTRAST rust converter» – K., 1998

УДК 331.45

**Mykytenko M.L., student**

**Kachynska N.F., Senior Lecturer**

**Polukarov Yu.O., Ph.D, Associate Professor**

**Polukarov O.I., Ph.D, Associate Professor**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,

[polukarov@ukr.net](mailto:polukarov@ukr.net)

#### ENSURING THE SAFETY OF WORKERS ON CONSTRUCTION SITES

Ensuring labour safety on construction sites is and will be a topical topic. Any construction can pose a threat to the health or even life of workers or just passers-by. To prevent accidents, it is necessary to strictly comply with the requirements of labour protection and safety rules. At construction sites, labour protection is regulated by the «Minimum requirements for labour protection on temporary and mobile construction sites» (hereinafter referred to as «Minimum Requirements»), approved by the Order of the Ministry of Social Policy of Ukraine dated 23.06.2017 No. 1050 [1].

The issue of minimum requirements for the organization of labour protection and workplaces on temporary or mobile construction sites in the implementation of construction works in accordance with the list of types of construction works, which are subject to the Minimum requirements for labour protection on temporary or mobile construction sites approved by the Ministry of Social Policy of Ukraine, is investigated.

The analysis showed that in order to fulfill the Minimum Requirements it is necessary:

1. Customers and managers of construction are obliged not later than 30 calendar days before the start of construction work to send to the territorial body of the State Service of Ukraine for Labour preliminary information on the implementation of construction work in the appropriate form in one of the following cases: if the duration of construction work is provided for more than 30 working days with simultaneous employment in construction work of more than 20 employees and individuals; if the planned volume of construction work exceeds 500 man-days.

2. Appointment by the customer or head of construction of one or more coordinators on labour protection at the stage of development of project documentation for construction and coordinators on labour protection at the construction stage.

3. Occupational health and safety coordinators have the necessary training to perform their functions [2]: higher education in the relevant direction of training; at least 5 years of professional experience in the field of architecture, construction or management of construction sites; confirmed by an independent body qualification by profession of occupational safety engineer (construction).

However, in our opinion, in order to achieve greater safety at construction sites, it is necessary to strengthen monitoring and inspection by third-party organizations of the work of managers and coordinators at all stages of construction.

### References

1. NPAOP 45.2-7.03-17. Minimum labour protection requirements on temporary or mobile construction sites. [Electronic resource] – Mode of access to the resource: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1111-17#Text>
2. Labour Protection on Construction Sites. Journal «Labor protection and fire safety». [Electronic resource] – Mode of access to the resource: <https://oppb.com.ua/news/ohorona-praci-na-budivelnyh-maydanchykh>

UDC 624.131

**Tkalich A. P., Ph.D., Associate Professor**  
**Marchenko M. V., Ph.D., Associate Professor**  
**Mosicheva I. I., Ph.D., Associate Professor**  
**Slavuta M. O., student**

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,  
[imosicheva@gmail.com](mailto:imosicheva@gmail.com)

## ACCOUNTING FOR PARTIAL LATERAL SOIL EXPANSION IN CALCULATIONS SETTLEMENTS OF FOUNDATIONS ON WEAK BASES

Let us briefly consider the process of resistance of the soil base when loading with the foundation by the characteristic phases of their interaction.

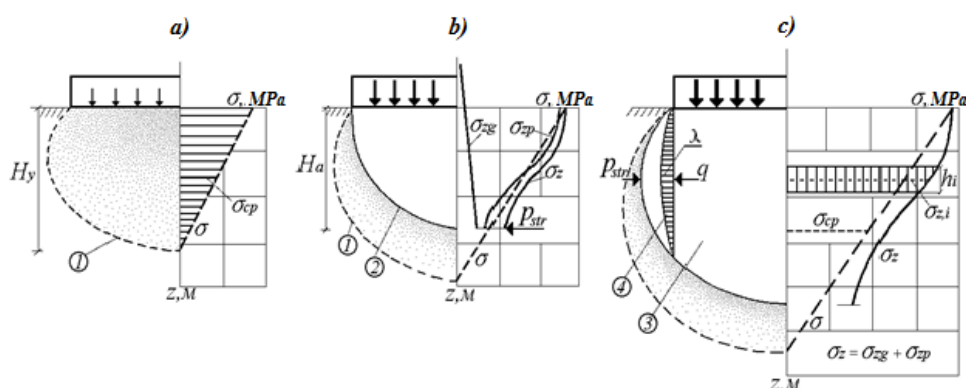


Fig. 1 – Schemes of sequential development of deformations in soils of foundations bases:  
 limits of elastic (1) and residual (2) deformation zones;  
 compressed volume of soil (3); diagram of transverse deformations  $\lambda$  (4).

**Phase I (Fig. 1, a)** is the initial or elastic stage of the dependence graph  $s = f(p)$ , where the completely linear relationship between load pressure and settlement is preserved. The phase limit ends with the value of the load, which is numerically equal to the structural strength of the natural soil of the base. Only elastic settlement is present in the soil of the base, and residual deformations of soil compaction are absent at all. Numerous experimental studies show that the elastic part of the settlement does not exceed a few millimeters and such a small value may not be taken into account.

**Phase II (Fig. 1, b)** is the second segment of the graph  $s = f(p)$ , where the dependence acquires a curvilinear shape and is characterized by exceeding the increase in the amount of settlement compared to the increase in load. In this case, the pressure under the base of the foundation exceeds the structural strength of the natural soil. In the soil under the foundation base, residual deformations of the soil compaction under the foundation contour begin to develop due to a

decrease in the pore volume ( $s_n$ ). The boundary of this phase ends with a pressure value equal to  $p_q$ .

$$p_q = p_{str} / \zeta \quad (1)$$

where  $p_q$  is the pressure on the foundation base, with the excess of which in the soil of the base begin to develop transverse deformations;

$\zeta$  – coefficient of lateral pressure, the value of which functionally depends on both the type of soil and its condition.

At the boundary of the deformation zone, the stress is balanced by the structural strength of the natural soil. When  $q < p_{str}$  transverse deformations are not observed, i.e. at the base of the foundation, residual deformations of the seal increase. Precipitation in this phase can be conditionally described by the expression:

$$p_{str} \leq p \leq p_q \rightarrow s_{II} = s_y + s_n \quad (2)$$

where  $s_{II}$  – the amount of settlement in the second phase of the dependence  $s = f(p)$ ;

$s_n$  – the proportion of settlement by reducing the pore volume.

Settlement is calculated taking into account elastic and residual deformations according to the formula:

$$s_{II} = \sigma_{cp} \cdot H_y / E_y + \sum \sigma_{z,i} \cdot h_i / E_n; \quad (3)$$

where  $E_n$  – the compaction modulus, which is determined from the results of laboratory or field studies, it reflects the compressibility of the soil caused by a decrease in the total pore volume and is equal to  $E_n = p_{cp} / (1 - \rho_d / \rho_{d,com})$ ,

$$p_{cp} = (p + p_{str}) / 2,$$

$h_i$  – the thickness of the elementary layer of soil.

**Phase III (Fig. 1, c)** – transverse deformations ( $s_v$ ) begin to develop outside the foundation contour. The resistance of the base soil under the sole is exhausted; the volume of the deformation zone is formed in the natural base soil. The third section of the graph is characterized by an "avalanche" increase in settlement compared to the load increment, which can be described by the following expression:

$$p > p_q \rightarrow s_{III} = s_y + s_n + s_v \quad (4)$$

where  $s_{III}$  – the amount of precipitation in the third phase of the dependence  $s = f(p)$ ;

$s_v$  – proportion of the settlement value due to the lateral expansion of the soil.

The calculation of the foundation settlement in a multilayer basis is carried out according to the formula:

$$s_{III} = \sigma_{cp} \cdot H_y / E_y + \sum \sigma_{z,i,cp} h_i / (1 - 2\nu) E_n; \quad (5)$$

where  $\sigma_{z,i,cp}$  – design stress, taken as the sum of normal ( $\sigma_{zp,i}$ ) and household ( $\sigma_{zg,i}$ ) for each layer ( $\sigma_{z,i,cp} = \sigma_{zp,i} + \sigma_{zg,i}$ );

$\nu$  – the average value of the transverse expansion coefficient is determined from the experimental graph of the dependence of the transverse expansion coefficient of the soil on the foundation area.

The use of deformation properties ( $E_n$ ;  $\nu$ ;  $p_{str}$ ) of the foundation allows determining the settlement of the foundation, taking into account the lateral expansion of the soil by the method of elementary layer-by-layer summation. In this case: a) settlement consists of the sum of the deformations of the seal and the transverse expansion of the base soil within the compressed thickness; b) the boundary of the compressed stratum is limited by the value of the structural strength of natural soil, which in the vertical and horizontal directions has equal values; the calculated stress ( $\sigma_{z,i}$ ) is taken as the sum of additional ( $\sigma_{zpi}$ ) and household ( $\sigma_{zgi}$ ); c) the compaction modulus used in the calculation is a function of the skeletal density of the natural and compacted soil base; d) the coefficient of transverse expansion of the soil functionally depends on the stress, structural strength of the natural soil, and the area of the foundation.

УДК 69.059.2

Молодід О.С., докт. техн. наук, професор,  
Ковальчук О.Ю., канд. техн. наук, доцент,  
Рашківський В. П., канд. техн. наук, доцент,  
Плохута Р.О., докт. філос. (PhD), асистент,  
Мусіяка І. В., магістрант,

Київський національний університет будівництва і архітектури, [plokhuta.ro@knuba.edu.ua](mailto:plokhuta.ro@knuba.edu.ua)

## ОСОБЛИВОСТІ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД, ЩО ЗАЗНАЛИ ПОШКОДЖЕНЬ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

Особливістю II кварталу 2022 року для будівельного ринку України стала необхідність позачергового визначення для ряду будівель і споруд їх експлуатаційного стану, що спричинено наслідками агресивних військових дій з боку збройних сил РФ. Так, для аналізу експлуатаційної придатності будівель та споруд було розроблено і впроваджено порядок [1] та методику [2] проведення обстеження будівель і споруд.

Експертне обстеження об'єктів будівництва необхідне для визначення характеру руйнувань, ступеню ушкоджень будівель, встановлення їхньої експлуатаційної придатності. Зокрема, результати такого дослідження можуть бути використані при кошторисному аналізі спричиненої шкоди, збиранні доказової бази штучного зовнішнього впливу тощо.

В ході попереднього обстеження встановлюють геометричні параметри об'єкту будівництва, вид та ступінь пошкодження елементів, необхідність у їхньому відновленні (окремих конструкцій, їх частин, інженерних мереж тощо) чи навпаки повному демонтажі об'єкту. Також на даному етапі обстеження виконують планування додаткових робіт в ході основного обстеження.

В результаті військових дій на території Бородянського ОТГ було пошкоджено ряд будівель і споруд різного цільового призначення. Виконання попереднього обстеження будівель та споруд у смт. Бородянка, Київської обл. було виконано авторами разом з командою спеціалістів КНУБА. При цьому, ускладненням виконання обстеження об'єктів було щойно завершені бойові дії, що спричинили руйнування комунікацій електромереж, водозабезпечення, газового забезпечення, мереж засобів зв'язку в регіоні.

В результаті виконаних попередніх обстежень встановлено, що будівлі та споруди зазнали позапроектних впливів, а саме пожеж, дії вибухових хвиль та осколкових пошкоджень спричинених попаданням та розриванням снарядів, внаслідок чого виникли численні різноманітні дефекти та пошкодження.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що основними пошкодженнями будівель чи окремих конструкцій внаслідок дії вибухової хвилі є їх руйнування, розтріскування, викривлення з відхиленням від осі симетрії (для стін, колон та перекриття). На цегляних конструкціях часто спостерігалось вибивання (окремих цеглин чи ділянки стіни), випинання (вминання) та зміщення елементів кладки.

Дефектами від дії високої температури є пошкодження захисного шару бетону з вигоранням тіла конструкції на значну глибину. Наприклад, у більшості обстежуваних будівель, перекриття влаштовані із круглопустотних залізобетонних плит. Внаслідок тривалої дії високих температур, спричинених пожежею, на нижній і верхній зоні плит спостерігалися утворення сітки хаотичних тріщин із відшаруванням бетону, особливо вздовж пустот. Відповідно, існує ймовірність температурного видовження армування плити та крихкого руйнування бетону. Цегляні стіни на окремих ділянках мали втрати на глибину більше 20 мм в результаті дії вогню, що є ознакою аварійного стану [3].

Дефектами, що викликані осколковими пошкодженнями є наскрізні отвори у несучих та самонесучих конструкціях, численні сколи та вибоїни різної глибини та площі. Внаслідок потрапляння осколків пошкоджена переважна більшість покрівельного шару дахів будівель та фасадів.

У результаті виконаного попереднього обстеження, в першу чергу, було виокремлено будівлі, які мали значні пошкодження несучих та огорожувальних конструкцій, ступінь та характер яких свідчив про небезпеку обвалення об'єкта та створювали загрозу життю та безпеці людей. Було надано рекомендації щодо негайного огороження зазначених конструкцій задля убезпечення людей від можливого обвалення пошкоджених конструкцій. Як приклад, можна навести об'єкт, у якому на момент попереднього обстеження зовні було виявлено пошкодження фасаду будівлі внаслідок вибуху та пожежі (рис. 1, а). При обстеженні будівлі з середини встановлено, що частина перекриттів була повністю зруйнована (рис. 1, б). Тому, дану будівлю віднесено до аварійних та рекомендовано огородити її до проведення протиаварійних робіт та подальшого основного обстеження. Орієнтовно на 60-й день після вибуху частина фасаду будівлі та її покриття обвалилася (рис. 1, в).



Рис. 1 – Обстежувана будівля: а) під час обстеження (зовні); б) під час обстеження (з середини); в) обвал стіни через 4 дні після проведення обстеження.

Отже, особливістю обстеження пошкоджених внаслідок воєнних дій будівель та споруд є встановлення експлуатаційної придатності окремих конструкцій чи будівель в цілому [4] з врахування ряду факторів: вибухонебезпечність, обмеження доступу, приховані нетипові дефекти тощо. Ці чинники значно ускладнюють виконання обстеження, а від так збільшують його трудомісткість та тривалість, порівняно з мирним часом. При цьому, попереднє обстеження дозволяє швидко ідентифікувати поточний експлуатаційний стан будівельних конструкцій, інженерних систем та будівлі в цілому, що є його найбільшою перевагою. Також, даний вид обстеження дозволяє:

- попередньо визначити категорії пошкоджень об'єктів;
- надати рекомендації щодо утилізації будівельних елементів [5];
- провести планування інструментарію експертних груп [6] на наступному етапі обстеження за необхідності його проведення;
- сформулювати порядок дій при обмеженні виявлених небезпечних зон;
- скласти відомості дефектів з виявленими обсягами пошкоджень, які в подальшому можуть використовуватись для розробки попередніх кошторисних розрахунків на відновлення обстежених будівель та споруд.

### 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» затверджена наказом № 65 Міністерства розвитку громад та територій України 28.04.2022 року.
3. ДСТУ–Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ, 2017.
4. Діагностика експлуатаційної придатності будівельних конструкцій як передумова продовження їх життєвого циклу. / Молодід О.С., Поколенко В.О., Молодід О.О., Плохута Р.О., Мусіяка І.В. // Будівельне виробництво – 2020. – №70. – С. 3-9. URL: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.70.3-7>
5. Кочетов Г.М. Комплексна утилізація помислових відходів, які містять сполуки заліза, в лужних цементах. / Кочетов Г.М., Самченко Д.М., Ковальчук О.Ю., Пасько А.В. // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2015. – №25. – С. 112-117.
6. Абрашкевич Ю.Д., Пелевін Л.Є., Рашківський В.П., Рябчик Є.Л. Особливості оптимізації механізованої ділянки на будівельному об'єкті. *ГБДММ*. – 2009. – №73. – С. 59-61.

УДК 624.9

Білик С.І., докт. техн. наук, професор,  
Нужний В.В., асистент

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

### ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЦИКЛІВ ПРИ РОЗРАХУНКУ НА ВТОМУ БАШТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

В сучасній інфраструктурі широко застосовуються баштові конструкції у вигляді вертикальних защемлених консолей. До таких конструкцій відносяться димові труби, опори рекламних щитів, флагштоки, пілони з фірмовими знаками, вежі мобільного зв'язку тощо. Під час розрахунків та проектування баштових конструкцій, період власних коливань яких перевищує 0.25сек і яким властивий вплив пульсаційної динамічної складової вітрового навантаження, виникає питання щодо розрахунку опорних конструкцій на втому. Зокрема таким конструкціям властивий прояв вітрового резонансу при якому відбувається циклове навантаження. Найбільш навантаженою частиною таких конструкцій є защемлення в опорі, а саме опорний переріз тіла пілону, зварні шви з елементами траверс та анкерні болти. При проведенні розрахунків на втому згідно вимог [1] п. 15.3 для обчислень необхідно визначити кількість циклів навантажень по типових режимах експлуатації конструкції. В сучасних нормативних документах і методиках відсутнє як таке визначення не тільки кількості циклів, а й аналіз всіх видів навантаження на конструкцію. Так згідно [2] ф.29 визначається критична швидкість вітру, при якій в конструкції розпочинається вітровий резонанс:

$$V_{cr} = \frac{d}{TS_h}$$

де  $d$  – діаметр конструкції,

$T$  – період власних коливань по резонансній частоті,

$S_h$  – число Струхала для даної форми перерізу.

Після визначення критичної швидкості вітру здійснюється аналіз з сайту [3] де записані архівні дані по погоді і швидкості вітру з 2010 по 2022р. Проводиться аналіз днів, під час яких спостерігався вітер із швидкістю рівною, або більшою за критичну а також часові

діапазони, в яких дув відповідний вітер. Так сумарна кількість  $i$ -тих циклів по кожній з швидкостей вітру, розділених із кроком 1 м/с (4, 5, 7, 8...12) визначається як:

$$n_i = \frac{\sum \Delta T_i}{T}$$

де  $T$  – період резонансних власних коливань,  
 $\sum \Delta T_i$  – сумарний час дії вітру з  $i$ -тою швидкістю.

Застосування даної методики із кропітким аналізом архіву погоди протягом 10 років дозволяє умовно екстраполювати дані значення на більш ширший період. За умови відсутності фактичної зафіксованої максимальної швидкості вітру за 50 років, за якою були створені нормативні документи та кліматичні карти [4], можна умовно прийняти в запас, що такий вітер був один раз протягом доби за весь термін експлуатації споруди.

#### Список посилань

1. ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування»
2. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра. ЦНИИСК 1978
3. Архів погоди з 2010 до 2022 р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://meteopost.com>
4. ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування».

УДК 621.941-229.3:531.133

Білик С.І., докт. техн. наук, професор,  
 Джанов Л.В., аспірант,

Київський національний університет будівництва і архітектури, [angeldl@ukr.net](mailto:angeldl@ukr.net)

### ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕРІЗУ СТАЛЕВИХ ДВОТАВРОВИХ ЗВАРНИХ БАЛОК ЗІ ЗМІННОЮ ШИРИНОЮ ПОЛИЦІ ТА ЗМІННОЮ ВИСОТОЮ СТІНКИ

Розглянуто в загальному виді пошук оптимального перерізу сталевих двотаврових балок із змінною висотою стінки і шириною полиці [1,2,5]. Дослідження проведені для пружних конструкцій із лінійною зміною розмірів двотаврового перерізу: де  $h_{p0}$  – максимальна висота балки,  $h_{pn}$  – мінімальна висота балки;  $\gamma_h = 1 - h_{pn} / h_{p0}$  – параметр зміни висоти балки,  $b_{f0}$  – максимальна ширина полиці,  $b_{fn}$  – мінімальна ширина полиці, параметр зміни ширини полиці –  $\gamma_b = 1 - b_{fn} / b_{f0}$ .

Поточні розміри перерізу двотаврової балки змінюються за лінійним законом, відповідно висота перерізу:  $h_{pz} = h_{p0} (1 - \gamma_{hz}/l)$ , ширина полиці:  $b_{fz} = b_{f0} (1 - \gamma_{bz}/l)$ .

Дослідження показали, що традиційний вибір оптимальної висоти балки і ширини полиці по параметру зведених витрат сталі за максимальним значенням згинального моменту може призвести до певних відхилень від виконання умов міцності по всім перерізам балки. Так встановлено, що за критерієм вибору раціональних розмірів перерізу балок слід приймати значення розрахункового згинального моменту в тому перерізі де виникає максимальні нормальні напруження. Для окремих балок при виникненні в розрахунковому перерізі розрахункових значень згинальних моментів і значних поперечних сил за критерій раціональності проектування балок за витратами сталі слід приймати критерій раціонального проектування за зведеними напруженнями [4].

Результати досліджень показали, що раціональними параметрами сталевих двотаврових балок зі змінною висотою стінки і полиць лежать в діапазоні:  $h_{pn} / h_{p0} = 0,3...0,6$ , а для полиць в межах  $b_{fn} / b_{f0} = 0,4...0,7$ . При збільшенні змінності перерізу максимальні координата перерізу з максимальними нормальними напруженнями віддаляється від

перерізу з максимальними згинальними моментами. Змінності перерізу полиць більш суттєво впливає на виникнення такого ефекту чим змінність перерізу стінки.

#### Список посилань

1. Металеві конструкції. Загальний курс. / Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В., Білик С.І., Лавриненко Л.І., Белов І.Д., Володимирський В.О. – К.: Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Білик С.І., Шимановський О.В., Нілов О.О., Лавріненко Л.І., Володимирський В.О. Металеві конструкції: Том 2. Конструкції металевих каркасів промислових будівель: Підручник для вищих навчальних закладів, Кам'янець-Подільський: ТОВ «Друкарня «Рута», 2021. – 448 с.
3. Білик С. І. Оптимальна висота сталеві двотаврової балки зі змінним перерізом при розвитку обмежених пластичних деформацій / С. І. Білик, О. Б. Глітін // Современные строительные конструкции из металла и древесины. – 2012. – № 16(1). – С. 30-34.
4. Білик С. І. Конструктивні коефіцієнти та раціональна висота сталеві коробчастої балки постійного перерізу / С. І. Білик, Л. І. Лавриненко // Будівельне виробництво. – 2017. – № 62(1). – С.33-38.
5. Гордеев В.Н. Элементарные задачи оптимизации двутавра. / Гордеев В.Н. // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. К.: Вид-во Сталь, 2009. – Вип. 3. – С. 27-47.

УДК 614.8

**Антошкін О.А., канд. техн. наук, доцент**  
Національний університет цивільного захисту України, м. Харків,  
[antoshkin@nuczu.edu.ua](mailto:antoshkin@nuczu.edu.ua)

### ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО МОБІЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДИМУ

В роботі [1] було запропоновано варіант будови індивідуального мобільного пристрою для виявлення диму. Використання мобільного телефону в якості апаратної бази для такого пристрою дозволяє не тільки в повній мірі забезпечити виконання функцій димового пожежного сповіщувача, а й, особливо, зробити його дійсно індивідуальним і мобільним. Бо складно уявити собі сучасну людину, у якій майже цілодобово з собою, або у безпосередній близькості, немає мобільного телефону.

Але під час реалізації запропонованого технічного рішення актуальним стає питання зменшення часу виявлення появи диму в різних за висотою приміщеннях. Принцип будови оптико-електронного димового пожежного сповіщувача базується на відбитті інфрачервоного випромінювання від часток диму [2]. При цьому виявлення пожежі за допомогою індивідуального мобільного пристрою [1] буде максимально швидким, якщо відбиття інфрачервоного струменю і потрапляння його до фотоприймача буде відбуватися на початковій стадії, коли спостерігається накопичення диму у пристельовому просторі.

При запропонованій у роботі [1] конструкції індивідуального мобільного пристрою кут між вісями випромінювача та фотоприймача має постійну величину і може бути розрахований, наприклад, на середню висоту приміщення. Що може значно погіршити швидкість виявлення задимлення

Усунути вказаний недолік допоможе вдосконалення конструкції пристрою. А саме – додавання можливості регулювання положень випромінювача та фотоприймача зі зміною кута між їх вісями.

Визначення величини необхідного кута між вісями випромінювача та фотоприймача можна досягти через визначення висоти приміщення. Для цього конструкцію індивідуального мобільного пристрою необхідно доповнити блоком визначення відстані від пристрою до стелі приміщення.

Процедура визначення висоти розташування повинна відповідати наступним основним умовам:

- мати некритичну з точки зору часу виявлення пожежі точність результатів (припустимо - до 0,1 м);
- вплив зовнішніх факторів на роботу повинен бути мінімальним;
- безпечність для здоров'я людини.

Відповідь на питання як саме може бути реалізовано запропоноване вдосконалення потребує проведення додаткових досліджень.

#### Список посилань

1. Індивідуальний мобільний пристрій для виявлення диму: пат. 149262 Україна: МПК (2021.01) G08B 17/100 G08B 17/107 (2006.01). № u202103642 ; заявл. 24.06.2021 ; опубл. 28.10.2021, Бюл. №43. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/13518/1/Антошкін%20із%20збірки.pdf>.
2. Дерев'яно О.А. Системи пожежної та охоронної сигналізації. Текст лекцій / О.А. Дерев'яно, С.М. Бондаренко, В.В. Христич, О.А. Антошкін – Харків, 2008. – 144 с. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/407/1/SPOS%202008.pdf>.

УДК 691.3

Кочевих М.О., канд. техн. наук, доцент,  
Гончар О.А., канд. техн. наук, доцент,  
Анопко Д.В., канд. техн. наук,

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

### ЗАСТОСУВАННЯ ДЕКОРАТИВНОГО БЕТОНУ У ФОРМУВАННІ ЕЛЕМЕНТІВ ЛАНДШАФТНОГО ДИЗАЙНУ

Архітектурна виразність сучасного міста значною мірою визначається характером ландшафтного дизайну, важливим елементом якого є підпірні стіни. Такий вид споруд виконує водночас технічні (утримання від руйнування ґрунту на ухилах рельєфу) та декоративні (підвищення естетичності дизайну ділянки, в тому числі терасування і зонування) функції. Найпоширенішим матеріалом для зведення підпірних стінок є бетон та залізобетон, в тому числі й декоративний, що дозволяє створити напівмасивні та тонкоелементні збірні та монолітні конструкції. Для отримання декоративних монолітних конструкцій складного формоутворення з достатньо високою якістю поверхні ефективним є застосування самоущільнюваних бетонів (Self-compacting concrete – SCC) з використанням високорухливих бетонних сумішей, які характеризуються показниками рухомості SF2 (розплив конуса 660-750 мм), призначені для звичайних споруд (колон, стіни, пілони) та SF3 (розплив конуса 760-850 мм), призначені для вертикальних елементів, конструкцій складних форм, а також в'язкістю VS1/VF1 (час T500 менше 2 с), призначені для конструкцій з високими вимогами щодо якості поверхні, яка не вимагає додаткової обробки [1]. У складі таких сумішей обмежується крупність і вміст крупного заповнювача, підвищується вміст піску, а також застосовують наповнювачі, які збільшують водоутримувальну здатність [2]. Показана можливість отримання самоущільнювальних бетонів з високоякісною поверхнею і здатністю до складного формоутворення за рахунок використання добавки суперпластифікатора на основі ефіру полікарбоксилату разом із добавкою-стабілізатором. Сумарна кількість таких добавок у складі бетону SCC не перевищує 1% від маси цементу і сприяє забезпеченню балансу між рухливістю і стійкістю до розшаровування, яке виникає при високій витраті води замішування. При отриманні фактурних кольорових бетонних виробів для зведення підпірної стінки з необхідними властивостями (клас за міцністю при стиску не менше B25 (C20/25), морозостійкість не менше F75, водопоглинання у межах 6%, рівномірність забарвлення і фактури поверхні серії виробів) застосовували жорсткі бетонні суміші (Ж1). Вміст залізооксидного пігменту 2...3%. Для поліпшення властивостей бетонної суміші й вібропресованого бетону

використовували добавку на основі полікарбоксилатів та ПАР, що не тільки задовольняє необхідні вимоги, але й сприяє підвищенню міцності (на 20%), морозостійкості (до 100 циклів та вище), довговічності кольорових фактурних бетонних виробів, призначених для зведення підпірних стінок висотою до 1,5 м та зонування ландшафтних ділянок.

#### Список посилань

1. Okamura H., Self-Compacting Concrete / Okamura H., Ouchi M. // Advanced Concrete Technology, 2003. – Vol.1. – No. 1. – 5-15.
2. Кіракевич І.І. Самоущільнювальні бетони з високими експлуатаційними властивостями / І.І. Кіракевич, О.Р. Позняк, У.Д. Марущак // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2011. – № 697: Теорія і практика будівництва. – С. 138–144.

УДК 624.131: 624.15

**Винников Ю.Л., докт. техн. наук, професор**  
**Харченко М.О., канд. техн. наук, доцент**  
**Листопад С.М., аспірант**

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
[serzhlistopad@gmail.com](mailto:serzhlistopad@gmail.com)

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРНИХ ВИШУКУВАНЬ

Достовірне й одночасно наочне представлення параметрів ґрунтового масиву для вирішення різноманітних геотехнічних задач є достатньо складною, але актуальною прикладною задачею. Таку систему важко описати, так звану, регулярною геометрією особливо на схилах річкових долин та інших зсувних територіях, районах з карстовими процесами, ділянках, під якими є підземні виробки, і т. ін. Зокрема, при проведенні інженерно-геологічних вишукувань виникають питання, пов'язані із розмежуванням літологічних елементів, а також наявністю лінз, виклинювань, карманів, які досить важко апроксимувати на всю територію вишукувань. Результатом роботи звичайно є побудовані геотехніком з урахуванням його досвіду шляхом інтерполяції детермінованих геологічних колонок двовимірні (2D) інженерно-геологічні розрізи [1,2].

Такий підхід не завжди раціональний і має декілька недоліків [3 – 5]:

- під час бурових робіт й інших польових випробуваннях ґрунтів (таких як статичне та динамічне зондування, штампові випробування і т. ін.) інформація вноситься вручну у відповідні журнали, що, в свою чергу, створює додаткові трудозатрати на подальше їх оцифрування, а також можливу втрату частини даних;
- відсутність автоматизованої перевірки та порівняльного аналізу нормативних і розрахункових характеристик ґрунтів, визначених з необхідною довірчою ймовірністю;
- для великих проектів потрібно багато поперечних розрізів, які за своєю геоморфологією схожі між собою, а їх створення замає багато часу;
- в разі існування кількох варіантів просторового залягання літологічних шарів з більш, ніж одним можливим результатом відсутність у геотехніка відповідного досвіду може призвести до суттєвих похибок для подальшого проектного рішення;
- упередженість геотехніка впливає на визначення остаточних перерізів, що може призвести до некоректного спрощення розрізів.

Тому для автоматизації процесів внесення результатів польових робіт, лабораторних випробувань ґрунтів, статистичної обробки дослідних даних, побудови інженерно-геологічної моделі ґрунтового масиву у простих (3D) координатах, а також формування попереднього звіту доцільно використовувати програмний комплекс GEOSimple 3. Однак, при цьому, щоб урахувати невизначеність, складність і різноманітність масивів ґрунтів слід генерувати відповідні просторові стохастичні геотехнічні моделі.

Тривимірні (3D) моделі є зменшеними копіями існуючих об'єктів, які сприяють їх кращому візуальному представленню. В будівництві зараз певної популярності набув метод інформаційного моделювання (BIM – Building Information Modelling). Цей метод розглядає будівлю чи споруду як комплекс прийнятих архітектурних, конструкторських, інженерних і технологічних рішень. Нажаль, на даний момент даний метод не включає в себе інформацію щодо геологічного середовища, в якому влаштовують будівлю. Отже, виникає необхідність у створенні просторових геотехнічних моделей ділянок будівництва та об'єднання їх з інформаційними моделями будівель в одне ціле.

Зміст геологічних 3D поверхонь полягає в тому, що у тривимірному просторі відображаються інженерно-геологічні складові, наприклад, товща, структура та форма шарів ґрунтів, дискретність геологічних даних, що призводить до усунення спотворення просторової інформації. Таке моделювання можливо умовно поділити на детерміноване та стохастичне (у детермінованій моделі існують невизначені фактори, а стохастичне моделювання може оцінити невизначеність моделі). Програмні продукти GemPy й Carlson Geology повністю чи частково автоматизують робочий процес геотехніка, зокрема: виявлення похибок, викликаних складними нашаруваннями чи відсутністю необхідних даних шляхом виявлення зон з більш, ніж одним можливим варіантом; у разі, якщо програма виявляє, що даних достатньо і можлива побудова лише однієї геологічної моделі, то така модель створюється автоматично; якщо для побудови 3D моделі існує більше одного можливого варіанту, програма переходить до напівавтоматичного етапу, на якому запитує рішення про те, яким чином провести літологічні межі; у разі потреби у додатковій просторовій інформації або більш складних рішень алгоритм програм може переходити на, так зване, ручне завершення моделі.

Розроблення описаних моделей може стати важливою передумовою для коректного вирішення цілого ряду геотехнічних завдань, як-то: візуалізація інженерно-геологічних вишукувань на ділянках зі складними інженерно-геологічними умовами (наприклад, за наявності товщ просадочних ґрунтів, значних нашарувань делювіальних відкладів і т. ін.); ппив'язка будівель і споруд на 3D модель ґрунтового масиву; проектування насипів автодоріг на складних ділянках рельєфу; проектування основ і фундаментів на територіях з підземними виробками, у карстових районах, за умовах техногенного впливу, тощо.

Процес розроблення геотехнічної моделі умовно можливо розділити на наступні етапи:

- 1) вибір системи координат;
- 2) побудова просторової топографічної поверхні;
- 3) імпорт даних інженерно-геологічних вишукувань;
- 3) побудова системи точок геологічних елементів;
- 4) генерація геотехнічної моделі;
- 5) об'єднання інформаційної моделі будівлі/споруди та 3D геотехнічної моделі;
- 6) розроблення та розрахунок аналітичної розрахункової моделі;
- 7) прийняття інженерних рішень.

Таку геотехнічну модель можливо інтерпретувати для створення аналітичної моделі для подальшого моделювання систем «ґрунтовий масив – фундаменти – надземна частина будівлі (споруди)», «ґрунтовий масив схилу – споруди чи штучні виїмки на ньому» і т. ін.

#### Список посилань

1. Briaud J.-L. Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils / Briaud J.-L. – Wiley, 2013. – 1024 p.
2. Katzenbach R. Value Engineering as a basis for safe, optimized and sustainable design of geotechnical structures / R. Katzenbach, S. Leppla, M. Seip, S. Kurze // Proc. of the XVI ECSMGE Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development. – Edinburg, 2015. – pp. 601 – 606.  
<https://doi.org/10.1680/ecsmge.60678.vol2.073>

3. Calcagno P. Geological modelling from field data and geological knowledge / P. Calcagno, J.-P. Chiles, G. Courrioux, A. Guillen // Part I. Modelling method coupling 3D potential-field interpolation and geological rules: Recent Advances in Computational Geodynamics: Theory, Numerics and Applications, Phys. Earth Planet, 171, 2008. – pp. 147 – 157.

4. Caumon G. Surface-Based 3D Modeling of Geological Structures / G. Caumon, P. Collon-Drouaillet, C. LeCarlierde Veslud, S. Viseur, J. Sausse // Math. Geosci, 41, 2009. – pp. 927 – 945.

5. Wellmann F. 3-D Structural geological models: Concepts, methods, and uncertainties / F. Wellmann, G. Caumon // Cedric Schmelzbach, Adv. Geophys., 59, Elsevier, 2018. – pp.1 – 121.  
<https://doi.org/10.1016/bs.agph.2018.09.001>

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)

### **РОЗРОБКА КАЛЕНДАРНИХ ПЛАНІВ ЗАБУДОВИ МІКРОРАЙОНІВ МІСТОБУДІВНИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

Метою календарного планування забудови мікрорайону при розробці проекту організації будівництва є обґрунтування заданої або визначення технічно і ресурсно можливої тривалості будівництва мікрорайону, що проектується. При цьому визначаються: строки будівництва і введення містобудівних комплексів, виконання окремих основних робіт, розміри капітальних вкладень і обсягів будівельно-монтажних робіт за періодами будівництва; необхідну кількість транспорту й будівельних машин.

Основні принципи, яких слід дотримуватися при розробці календарних планів:

- забезпечення нормативної чи директивної тривалості будівництва й рівномірного введення в експлуатацію протягом року житлових будинків і об'єктів культурно-побутового призначення;
- формування раціональної черговості забудови мікрорайону містобудівними комплексами;
- першочергове виконання робіт підготовчого періоду;
- забезпечення ритмічного виконання ресурсів і виробничих потужностей, застосовуючи потокові методи виробництва з максимально можливим їх суміщенням;
- застосування індустріальних методів з максимальним впровадженням крупно блокового монтажу й комплексної механізації робіт;
- суворе дотримання правил безпеки і вимог до охорони навколишнього середовища.

Вихідними даними для розробки календарного плану є:

- проект забудови мікрорайону;
- нормативна чи директивна тривалість будівництва;
- схема розподілу мікрорайону на містобудівні комплекси;
- черговість забудови;
- організаційно-технологічні схеми будівництва містобудівних комплексів і окремих об'єктів;
- дані про умови проведення будівництва;
- дані про потужність загальнобудівельних і спеціалізованих організацій;
- заходи для захисту території будівництва від несприятливих явищ і геологічних процесів; етапність їх виконання.

#### **Список посилань**

1. Савенко В.І. Менеджмент якості в будівництві і геном ділової досконалості організації: монографія / за ред. В.І. Савенка. / В.І. Савенко, І.А. Шатрова, С.І. Доценко та ін. // Київ: Центр учбової літератури, 2018. – 230 с. ISBN 978-611-01-1114-0.

2. Жаров Я.В. Организационно-технологическое проектирование при реализации инвестиционно-строительных проектов / Я.В. Жаров // Вестник МГСУ, 2013. – №5. – С. 176-184

УДК 624.04+721

**Бугаєвський І.Ю., студент**  
**Корзаченко М.М., канд. техн. наук, доцент**  
**Руденко М.М., ст. викладач**

Національний університет «Чернігівська політехніка», korzachenko\_87@stu.cn.ua

## **СТВОРЕННЯ НОВИХ ЖИТЛОВИХ КВАРТАЛІВ В МІСТАХ ЗА МЕТОДИКОЮ ЗАРУБІЖНИХ СПЕЦІАЛІСТІВ**

«Щоб відбудувати міста, потрібно не лише створити нове житло, але й зробити міста комфортними для життя» — заступник керівника Офісу Президента України, Кирило Тимошенко [1]. Загальна сума збитків, які зазнала українська інфраструктура трохи більше ніж за місяць війни, сягнула \$63 млрд. Про це свідчить аналіз Київської школи економіки [2]. Найбільш зруйнованими містами, чорними плямами в пам'яті і на супутникових мапах станом на початок квітня в Україні стали міста Маріуполь, Волноваха, Харків, Ізюм, Суми, Чернігів. Вони зазнали чи не найбільших руйнувань. Деякі з них практично повністю знищені, наприклад, Волноваха. Там не лишилося нічого, лише руїни. Нема куди повертатися людям. Ці міста віднині і назавжди – міста-герої [4].

Експерти зазначають, що не можна концентруватися на тимчасовому, вже зараз потрібно розробляти стратегію глобальної відбудови, а не тимчасових прихистків, які можуть перетворитися на так звані «гето» [2]. Світова історія знає багато прикладів руйнації міст як через військові дії так і через природні катаклізми. На щастя, людство навчилося відбудовувати міста майже після повного знищення. Українці мають вивчати вдалі приклади відбудови, аби застосувати набутий світовий досвід при відродженні Маріуполя, Харкова, Сум, Ірпеня та інших понівечених росією міст [2].

Безумовно, нові українські міста будуть іншими, при правильному підході ми маємо шанс побудувати якісно нові міста, квартали тощо. Те що зараз відбувається – одночасно і жахливо, і в той же час дає надію на відродження цілої країни у новому вигляді. Ідеї свободи та нові сучасні інженерні рішення будуть втілені у майбутніх містах. Будуть створені зручні розташування районів, можливо, за принципом 15-ти хвилин. Будуть вирішені проблеми заторів, ширини доріг, парковок біля житлових будинків. Перевага буде надаватися більшому комфорту для людей, чим було до війни. Ми всі зрозуміли, що цінність життя і безпека – це найголовніше, значить необхідно приділяти увагу не створенню нових хмарочосів, а надавати переваг квартальним забудовам з затишними дворами та паркам для відпочинку. Це саме те, що ми бачимо у багатьох містах Європи. Міста для людей, а не люди для підприємств і бараки для людей.

Окремо треба розвивати підземну урбаністику, яка дозволяє вирішити багато безпекових проблем та створює нові можливості, як це розвивають у великих містах Канади. Навіть у мирний час можливі різноманітні техногенні аварійні ситуації, для забезпечення від яких мають передбачатись сучасні заходи, закладені у спорудах, шляхах, мережах. Середовище сучасного міста насправді дуже вразливе і не можна далі це ігнорувати. Громадський простір має бути особливо безпечним, об'єкти соціальної інфраструктури, транспортні та інженерні вузли також. І підземні рівні сучасного міста повинні об'єднувати і захищати все місто [2]. В нових будинках обов'язково треба робити захист вікон від розбиття. Мають з'явитись нові типи швидко збірних будинків. А модульні будинки, які існують, обов'язково мають бути модернізовані з урахуванням сучасних вимог безпеки і комфорту. Має бути передбачений вогнезахист конструкції, автономність будинків, включаючи бомбосховища, водоспоживання та енергоефективність. Необхідно передбачати системи раннього

виявлення надзвичайних ситуацій, та заходи з реагування на них. Необхідно проектувати не просто «розумні» будинки, а і «розумні» міста. Доцільно повертатися до квартальної забудови. До семи поверхів максимум (це масштаб Мадрида й Барселони). Треба дуже жорстко контролювати «червоні лінії» забудови, тобто лінії інженерних і транспортних коридорів. Але це мають бути загалом лінії забудови вулиць, які вже враховують і тротуари, і проїжджі частини [3].

У межах програми відновлення України влада залучає держав-партнерів для відбудови країни. Представники багатьох країн заявили намір про відбудову та опіку над різними українськими містами. Так, міністр культури Італії Даріо Франческіні заявив, що італійський уряд погодився відновити знищений російськими загарбниками драмтеатр у Маріуполі. Прем'єр-міністр Греції Кіріакос Міцотакіс заявив, що Греція готова відбудувати пологовий будинок в Маріуполі. У Данії "дуже позитивно", за словами президента Зеленського, сприйняли його пропозицію приєднатися до ініціативи відбудови України після війни і "взяти шефство" над відбудовою Миколаєва. Японія виділила \$13,64 млн міжнародним організаціям для відновлення постраждалих від бойових дій територій Донецької і Луганської областей, зокрема на інфраструктуру регіону. Глава польського уряду Матеуш Моравецький заявив, що Польща пропонує план відбудови України на €100 мільярдів із бюджету ЄС. Міністр фінансів Німеччини Крістіан Лінднер, зі свого боку, підтримав таку ідею польського колеги. Від Французького агентства розвитку Україна отримає 300 мільйонів євро пільгових кредитних коштів [4].

Як наявний приклад комфортного для життя міста в Україні є місто Славутич. Місто з продуманою ще до будівництва структурою, де зручно для мешканців поєднані комфортна забудова, місця відпочинку, розташування секторів з робочими місцями. Майбутні міста планується відбудовувати за подібним принципом, а також за втіленими сучасними архітектурними практиками планування міст [4]. Проте необхідно не бездумно копіювати приклади українських та світових міст, хоч які б надійні і зручні вони не були, необхідно кожне місто розглядати окремо і виокремлювати його історичний код, підкреслювати його красу, не забуваючі про історичну спадщину.

Українськими архітекторами, планувальниками, дослідниками, дизайнерами та інженерами було запропоновано волонтерський проект довідника, де буде зібрано найкращі світові приклади якісних громадських просторів та описано правила їхнього створення [1]. Довідник планується зробити доступним кожному, щоб будь-хто, хто має бажання міг ознайомитися з майбутніми проектами. «Головний принцип нового проекту – ми будемо з Європою та світом, відбудовуємо всю країну. За кожним містом і за кожною країною буде закріплено партнерство» [5].

Участь в розробці такого довідника повинні прийняти й здобувачі вищих навчальних закладів, саме молодь повинна дати поштовх і показати нові цікаві рішення як в плануванні міст так і в створенні сучасних комфортних, а головне надійних та безпечних будівель.

#### Список посилань

1. В Україні створять довідник із найкращими прикладами містобудування. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/bHFpVbU> (дата звернення: 19.05.2022).
2. Відбудова українських міст [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/ZHFpExd> (дата звернення: 19.05.2022).
3. Про житло для переселенців [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/THFpSrr> (дата звернення: 19.05.2022).
4. Як Україна відновлюватиме розбомблені міста [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/1HFpHkt> (дата звернення: 19.05.2022).
5. Підготовка до відбудови міст [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/4HFpZns> (дата звернення: 19.05.2022).

УДК 624.072.014.2

Підгурський І.М., канд. техн. наук, доцент,  
Слободян В.В., інженер,  
Підлужний О.М., аспірант,  
Биків Д.З., магістр,

Підгурський М.І., докт. техн. наук, професор,  
Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, ipidhurskyi@gmail.com

## МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ БАЛОК З РІЗНОЮ ПЕРФОРАЦІЄЮ СТІНКИ

Перфоровані балки використовуються як несучі конструкції будівель і споруд і займають нішу між балками суцільного перерізу і фермами. Такі балки застосовуються у перекриттях та покриттях споруджуваних багатоповерхових адміністративних будівель, торгових центрів, спортивних споруд, багатоярусних гаражів, несучих конструкцій мостів, утримуючих конструкціях мостових кранів, в авіа- і кораблебудуванні [1].

Різноманіття видів перфорованих балок є достатньо великим і залежить від типу перфорації, відносної висоти вирізів і відносної ширини перетинки між вирізами. Кожна з форм вирізу має свої переваги і недоліки.

У зв'язку з цим методом скінчених елементів проведено порівняльні дослідження напружено-деформівного стану та граничного навантаження балок з шестикутною, круглою, різновидами еліпсоподібної та овальної перфорації [2, 3]. Для порівняльного аналізу за основу взято однакову сумарну площу вирізів. На рис. 1 представлено розподіл нормальних напружень в першому вирізі перфорованих балок. Дослідження проведено за допомогою спеціалізованого пакету прикладних програм ANSYS.

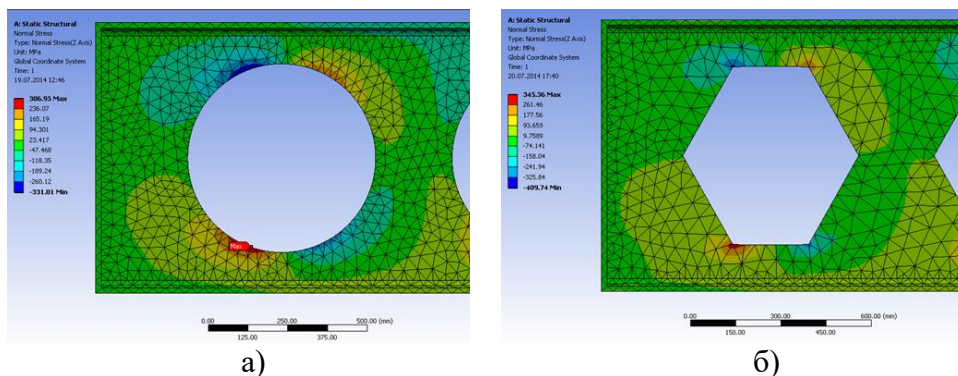


Рис. 1 – Розподіл нормальних напружень в першому вирізі досліджуваних балок з перфорацією у вигляді: а) круга; б) шестикутника.

Встановлено, що найсуттєвіший вплив (за однакових інших умов) має розмір перетинки між отворами. Встановлення коректних розмірів вирізів та відстаней між ними є вирішальним при конструюванні перфорованих балок.

### Список посилань

1. Лоусон М. Стальные конструкции в архитектуре: 2-е изд., исправ. и доп. [Текст]/ М. Лоусон, А. Билык – Киев: Украинский Центр Стального Строительства (УЦСС), 2015. – 140 с.
2. Pidgurskyi I. Investigation of the stress-strain state of beams with different types of web perforation [Text]/ Ivan Pidgurskyi, Vasyl Slobodian, Denys Bykiv, Mykola Pidgurskyi // Scientific Journal of TNTU. – Tern. : TNTU, 2021. – Vol 103. – No 3. – P. 63–71.
3. Підгурський І.М., Дослідження тримкої здатності балок з однорядною та дворядною перфорацією різної конфігурації [Текст]/ І.М. Підгурський, М.І. Підгурський, О.М. Підлужний, В.В. Слободян // Збірник наук. праць “Містобудування та територіальне планування”, КНУБА. – 2021. – № 78. – С. 426-434.

УДК 692.23:624.014: 001.4

Хохрякова Д.О., канд. техн. наук, доцент  
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ,  
[khokhriakova.do@knuba.edu.ua](mailto:khokhriakova.do@knuba.edu.ua)

## ШВИДКОСПОРУДЖУВАНІ БУДІВЛІ: MODULAR VS. PREFAB

Зі зростанням числа міжнародних будівельних проєктів, розвитком міжнародного ринку будівельних матеріалів та євроінтеграцією України зростає потреба в погодженні загальної термінології у цій галузі. При перекладі нові запозичені терміни мають поки що слабкі родинні зв'язки у новій їм мові, а отже і великий ризик неадекватного застосування.

Дослідження має на меті аналіз термінів і визначень, що стосуються модульного будівництва, у сучасній будівельній термінології для їх подальшого використання при гармонізації міжнародних стандартів та внесення до тлумачних словників будівельних термінів.

Такі терміни, як prefab-конструкція та модульне будівництво стосуються попереднього виробництва за межами об'єкта або на будмайданчику та удосконалення технологічних процесів, і відносяться до нових запозичених термінів. Ці терміни потребують критичного аналізу, так як зазвичай використовуються як синоніми, тому що проєктувальники і будівельники не завжди відчують їх відмінність, що викликає велику плутанину.

Для обґрунтування термінології модульного будівництва треба спиратися на досвід провідних спеціалізованих будівельних компаній і думку зарубіжних вчених, що займаються дослідженнями у даній сфері. Компанія Triumph Modular радить розглядати «prefab» як загальний термін, тому, що він позначає попереднє виготовлення та використовується стосовно всього, що здійснюється за межами будмайданчика. Причому панельні секції (стіни, дахи та підлоги), які значно прискорюють складання на будмайданчику доречно назвати prefab - конструкціями, але не модулями. Торговельна асоціація Modular Building Institute пропонують розглядати термін «модулі», як особливий вид збірних компонентів, які формують простір, наприклад, цілу кімнату.

Виконаний аналіз відповідних термінів і визначень, що містяться у чинних нормативних документах і настановах Великобританії [1 - 4] - провідної країни в світі з обсягів і темпів модульного будівництва, на підставі якого автор вважає необґрунтованим запозичення існуючих у російській мові аналогічних термінів і такими, що не відповідають контексту у стандарті [5]: модуль, виготовлення за модульною схемою, модульний монтаж.

За результатами проведеного аналізу гармонізування термінів модульного будівництва пропонується здійснювати на основі наступних тверджень: модульними слід вважати саме об'ємно-блокові конструктивні системи; модульні відносяться на сам перед до систем з дерев'яним та металевим каркасом; модульне будівництво більшою мірою є капітальним.

### Список посилань

1. Modular Construction using Light Steel Framing: An Architect's Guide (SCI P272)/ R.M. Lawson, P.J. Grubb, J. Prewer, P.J. Trebilcock// The steel construction institute, 1999. - 95 p.
2. Modular Construction using Light Steel Framing. Design of Residential Buildings (SCI P302)/ M.T. Gorgolewski, P.J. Grubb, R.M. Lawson // The steel construction institute, 2001. - 102 p.
3. Value and Benefits Assessment of Modular Construction (SCI P278)/ A.L. Rogan, R.M. Lawson, N. Bates-Brkljac// The steel construction institute, 2000. - 19 p.
4. BPS 7014: Issue 1.0 Standard for Modular Systems for Dwellings [Текст]. - Чинний від January 2021. - BRE Global Limited, 2021. - 64 p.
5. ГОСТ Р 58774 - 2019. Стены наружные каркасно-обшивные самонесущие и ненесущие с каркасом из стальных холодногнутых оцинкованных профилей. Общие технические условия. - М.: Стандартинформ, 2020. - 31 с.

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, м. Київ,  
[oles.lastivka@gmail.com](mailto:oles.lastivka@gmail.com)

## РОЛЬ МІКРОНІЗОВАНИХ ВОСКІВ У ФОРМУВАННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКОВОГО ПОКРИТТЯ

Порошкові фарби – один з найбільш перспективних видів лакофарбових матеріалів для промислового використання. Їх основними перевагами є: відсутність розчинників, практично безвідходна технологія нанесення покриття (ступінь утилізації порошку при застосуванні наближається до 100 %), відносна простота та економічність в процесі виробництва покриття [1]. Формування якісних порошкових лакофарбових покриттів із тривалим терміном служби без погіршення екології довкілля при їх застосуванні, значною мірою визначається складом і фізико-механічними властивостями лакофарбових матеріалів. Перспективним способом спрямованого регулювання механічними характеристиками порошкових лакофарбових матеріалів, є модифікування полімерної матриці хімічними добавками різної природи основної діючої речовини, в т.ч. мікронізованими восками [2]. Тому для визначення впливу мікронізованих восків на формування механічних властивостей плівки порошкового покриття та її стійкості до пошкоджень під час експлуатації було обрано добавки різної природи основної діючої речовини у вигляді наступних восків: поліетиленово-гідрокарбонового; політетрафторетиленового; поліетиленово-амідного.

За результатами досліджень показано, що введення поліетиленово-гідрокарбонового воску сприяє підвищенню міцності до дії зворотного удару з 80 (контрольний склад) до 100 см/кг та зростанню твердості покриття з показника В до 2Н (рис. 1). Введення мікронізованого воску на основі політетрафторетилену сприяє частковому підвищенню міцності покриття до дії зворотного удару до 95 см/кг та міцності на витягування покриття до 5 мм. Найбільш ефективним є використання вказаного воску для суттєвого підвищення твердості покриття з показника В до 4Н (рис. 1). Застосування поліетиленово-амідного воску сприяє найбільшому зростанню міцності до дії зворотного удару покриття з 90 до 110 см/кг (рис 1) серед всіх досліджуваних систем. При цьому спостерігається підвищення міцності на витягування покриття до 5 мм, а також зростанню твердості покриття з показника В до 4Н.

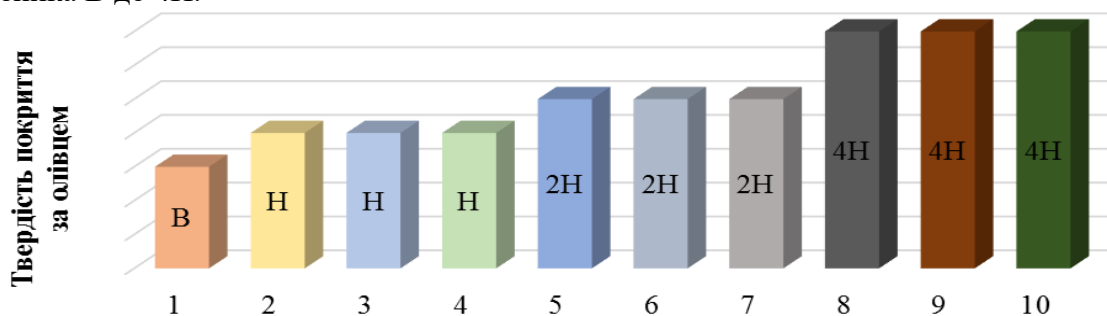


Рис. 1 – Твердість досліджуваних систем покриття

### Список посилань

1. Richart D.S. Powder Coating – Past, Present and Future: A Review of the State of the Art / D.S. Richart // *Powder Coating*, 1990. – pp. 16-24.
2. Spyrou V.E. Powder Coatings - Chemistry and Technology / V.E. Spyrou // *European Coatings Tech Files 3rd*, 2004. – 384 p.

УДК 69.07

Дауров М.К., аспірант

Київський національний університет будівництва і архітектури, [mk19daurov@gmail.com](mailto:mk19daurov@gmail.com)

### НАПРУЖЕНИЙ СТАН СТАЛЕВИХ КАРКАСІВ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЖИВУЧІСТЬ

В силу науково-технічного прогресу людство все більше створює складні системи зі складною структурою. До таких систем входять і багатоповерхові будівлі. Чим більшу кількість елементів має система, тим більш вона чутлива до виходу з ладу одного з них внаслідок зовнішньої загрози. Здатність будівлі чинити опір локальному руйнуванню та запобігати його поширенню називається живучістю. Однією із таких загроз є пожежа, яка може вражати одразу декілька елементів будівлі та схильна до поширення [1]. Наразі жоден вітчизняний чи закордонний нормативний документ не надає ані точних методик розрахунку, ані рекомендацій щодо убезпечення прогресуючого обвалення внаслідок пожежі для сталевих каркасів [2]. Було досліджено роботу плоских багатоповерхових сталевих каркасів під час пожежі за різних сценаріїв залежно від розташування джерела пожежі (рис. 1). Каркаси прийнято з жорсткими вузлами з'єднання балок та колон та жорсткими базами. Розрахунок сталевих конструкцій проведено згідно чинних норм [3]. Порівняно роботу каркасів залежно від: часу першого руйнування, елемента, що руйнується, фактору вичерпання несучої здатності. Для наочності порівняння початковий коефіцієнт використання для балки та найбільш навантаженої колони було прийнято 0,5. Результати розрахунку наведено в таблиці 1. Тези складені на основі досліджень, що найближчим часом будуть опубліковані у вигляді статті в науковому збірнику «Опір матеріалів і теорія споруд» у випуску №107.

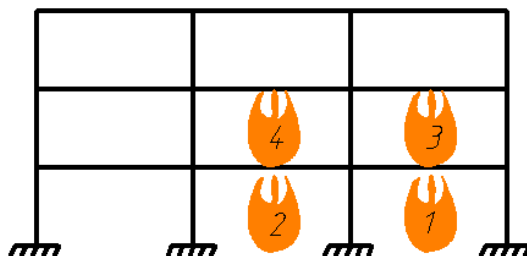


Рис.1 – Прийняті сценарії розрахункової пожежі: 1) нижній поверх – крайній прольот, 2) нижній поверх – середній прольот, 3) середній поверх – крайній прольот, 4) середній поверх – середній прольот

Таблиця 1 – Результати розрахунків для рам

| Сценарій | Чарунка, де відбувається пожежа   | Час першого руйнування, с | Елемент       | Температура нагрітої балки, °C | Фактор вичерпання несучої здатності |
|----------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1        | Крайній прольот нижній поверх     | 300                       | Крайня колона | 229                            | Стійкість із площини згину          |
| 2        | Середній прольот нижній поверх    | 330                       | Крайня балка  | 249                            | Втрата місцевої стійкості поясу     |
| 3        | Крайній прольот проміжний поверх  | 240                       | Крайня балка  | 188                            | Втрата місцевої стійкості поясу     |
| 4        | Середній прольот проміжний поверх | 360                       | Крайня балка  | 269                            | Втрата місцевої стійкості поясу     |

Побудовано графік коефіцієнту використання несучої здатності ригеля рами за формулами ДБН [3] для різних елементів каркасу та для різних проміжків часу (рис. 2). На графіку для балки, що нагрівається, можна побачити стрибок під час переходу зі переважно згинального до стиснуто-зігнутого напруженого стану балки. Внаслідок визначення класу перерізу балки за Eurocode 3 [4] було виявлено, що балка відноситься до 3-го класу (працює в пружній області, а напруження досягають межі текучості тільки у крайніх волокнах).

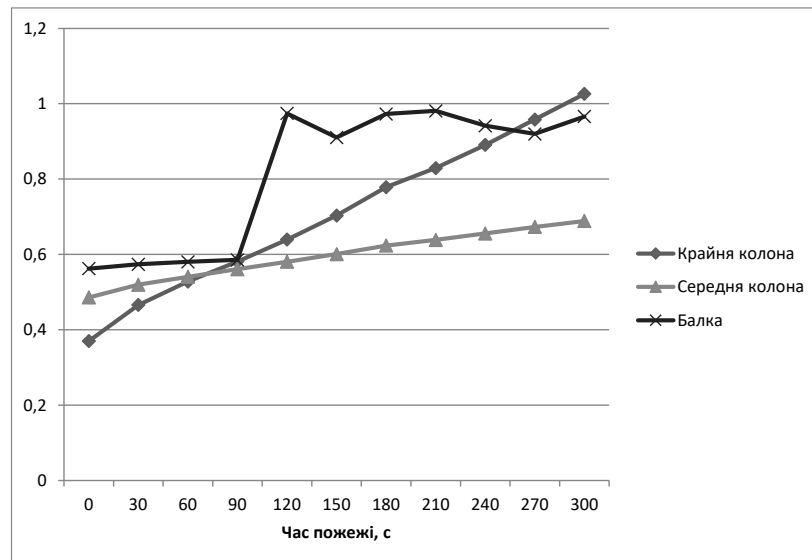


Рис.2 – Графік зміни коефіцієнта використання несучої здатності під час пожежі для сценарію 1

При пожежі час до першого руйнування розглянутого каркасу за сценарію пожежі в середньому прольоті більший, ніж у крайньому. За пожежі на вище розташованому поверсі руйнування відбувається пізніше, ніж на нижче розташованому. На нижче розташованому поверсі колони більш схильні до того, щоб зруйнуватися раніше за балку, ніж на вище розташованому. В середньому прольоті балки більш схильні до того, щоб зруйнуватися раніше за колону, ніж у крайньому. Як можна побачити, залежно від розташування пожежі на різних поверхах та прольотах першими можуть руйнуватися як балка, так і колона каркасу і потенційний механізм руйнування каркасу може бути різним. У випадку пожежі балки в багатоповерховому сталевому каркасі можуть змінювати напружений стан з переважно згинального на стиснуто-зігнутий, що має допускати розвиток обмежених пластичних деформацій. Тому при розрахунку багатоповерхових сталевих каркасів на живучість і вогнестійкість необхідно проектувати їх з урахуванням розвитку обмежених пластичних деформацій. Це вимагає від проектних рішень забезпечувати конструктивну безпеку за рахунок додаткових резервів несучої здатності.

#### Список посилань

1. Daurov M.K., Bilyk A.S. Providing of the vitality of steel frames of high-rise buildings under action of fire // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2019. – Issue 102. – P. 62-68.
2. Дауров М.К. Огляд вимог сучасних нормативних документів із розрахунку сталевих каркасів багатоповерхових будівель на опір прогресуючому руйнуванню / М.К. Дауров, А.С. Білик // Містобудування та територіальне планування. – 2019. – Вип. 70. – С. 175-186. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP\\_2019\\_70\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2019_70_18).
3. ДБН В.2.6-198:2014. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 199 с. – (Державні будівельні норми України).
4. EN 1993-1-1:2005. Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings; EN 1991-1. - Brussels: Management Centre, 2005. - 93 p. - (European Standard).

УДК 666.96

Гончар О.А., канд. техн. наук, доцент  
Кочевих М.О., канд. техн. наук, доцент  
Бондаренко О.П., канд. техн. наук, доцент  
Кушнірєва Л.О., канд. техн. наук, доцент  
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ,  
[oagon@ukr.net](mailto:oagon@ukr.net)

## **ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ПЕРЕРОБКИ СУЛЬФАТОМІСТКИХ ТЕХНОГЕННИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ**

Фосфогіпс - це сульфат кальцію, хімічний аналог природного гіпсового каменю, з якого виробляють гіпсові в'язучі речовини [1-3]. Серед перспективних напрямків переробки фосфогіпсу, що дозволяють вирішити не лише питання сировини для отримання неорганічних в'язучих речовин, але й ряд екологічних проблем, пов'язаних з утилізацією техногенних продуктів та нейтралізацією шкідливих домішок, що входять до їхнього складу, можна виділити наступні:

1. Найпростіший варіант – це отримання будівельного гіпсу прямим випалюванням фосфогіпсу в обертових печах або гіпсоварочних котлах. Найчастіше така технологія пов'язана з підвищеними затратами через високу вологість сировини, необхідність очищення її від залишкових розчинних домішок, високі дисперсність і, відповідно, водопотребу готового продукту.

2. Отримання високоміцного гіпсу виварюванням фосфогіпсу в розчинах солей, запарюванням або автоклавуванням є більш доцільним завдяки високій вартості продукту, який отримується. Але при цьому набагато складнішим апаратно, вимагає створення парку автоклавів (піднаглядові апарати високого тиску), центрифуг, парогенеруючої станції, систем рекуперації робочих розчинів та нейтралізації великих обсягів стічних вод.

3. Виділення вартісних мікродомішок (рідкоземельних, дорогоцінних та благородних металів) може бути вигідним залежно від хімічного складу вихідної сировини, оскільки вартість одержаних продуктів окупає складності технології. Але під час такої переробки кількість відходів не зменшується, а навпаки – збільшується, накопичуються агресивні стічні води (в основному сильноокислі), є небезпека викидів фтороводню.

4. Більш глибока, або комплексна, переробка має на увазі повний розподіл компонентів фосфогіпсу з використанням транспортних реакцій: виділення мікродомішок з отриманням гіпсу (будівельного або високоміцного); виділення мікродомішок з одержанням будівельної крейди, і як бонус дана технологія дозволяє зв'язувати велику кількість вуглекислого газу (до 440 кг на 1 тону кальциту, який отримується); виділення мікродомішок із виробництвом гіпсових виробів (блоків, плит, листів, архітектурно-декоративних виробів).

5. Спеціальні методи та технології, куди можна включити технології отримання із фосфогіпсу цементу, ангідритових в'язучих речовин та виробів з них, композиційних в'язучих, вапна, сірчаної кислоти, мінеральних добрив.

### **Список посилань**

1. Мещеряков Ю.Г. Гипсовые попутные промышленные отходы и их применение в производстве строительных материалов / Ю.Г. Мещеряков – Л.: Стройиздат, 1982. – 144 с.
2. Иваницкий В.В. Фосфогипс и его использование / В.В. Иваницкий, П.В. Классен, А.А. Новиков, и др. – М.: Химия, 1990. – 222 с.
3. Сердюк В.Р. Приоритетні напрямки утилізації фосфогіпсових відходів / В.Р. Сердюк, О.В. Борецький, Амер Ноаман // Вісник ВПІ. – 1998. – №2. – С. 37-41.

УДК 515.2

Барбаш М.І., ст. викладач

Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів,

[m\\_barbash@ukr.net](mailto:m_barbash@ukr.net)

### ВИКОРИСТАННЯ САПР ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ ТА КРИТИЧНИХ ТОЧОК КОНТРОЛЮ

До 20 вересня 2019 року заклади освіти, які надають послуги з харчування, українські підприємства харчової галузі мали впровадити систему управління безпечністю харчування Hazard Analysis and Critical Control Points (НАСРР), розроблену Всесвітньою організацією охорони здоров'я (WHO) та FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) та постійно підтримувати функціонування її головних принципів шляхом ідентифікації та контролю небезпечних чинників [1].

Одним із семи принципів [2] при впровадженні та обслуговуванні даної системи є створення, постійне підтримання та зберігання системної документації. Використання програмних продуктів компаній AUTODESK та GRAPHISOFT значно підвищить ефективність розробки проектної документації в частині належного планування виробничих, допоміжних та побутових приміщень (рис. 1) для уникнення перехресного забруднення та виконання вимог до стану приміщень, обладнання, проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування обладнання, та вимог до планування та стану комунікацій – вентиляції, водопроводів, електро- та газопостачання, освітлення тощо.

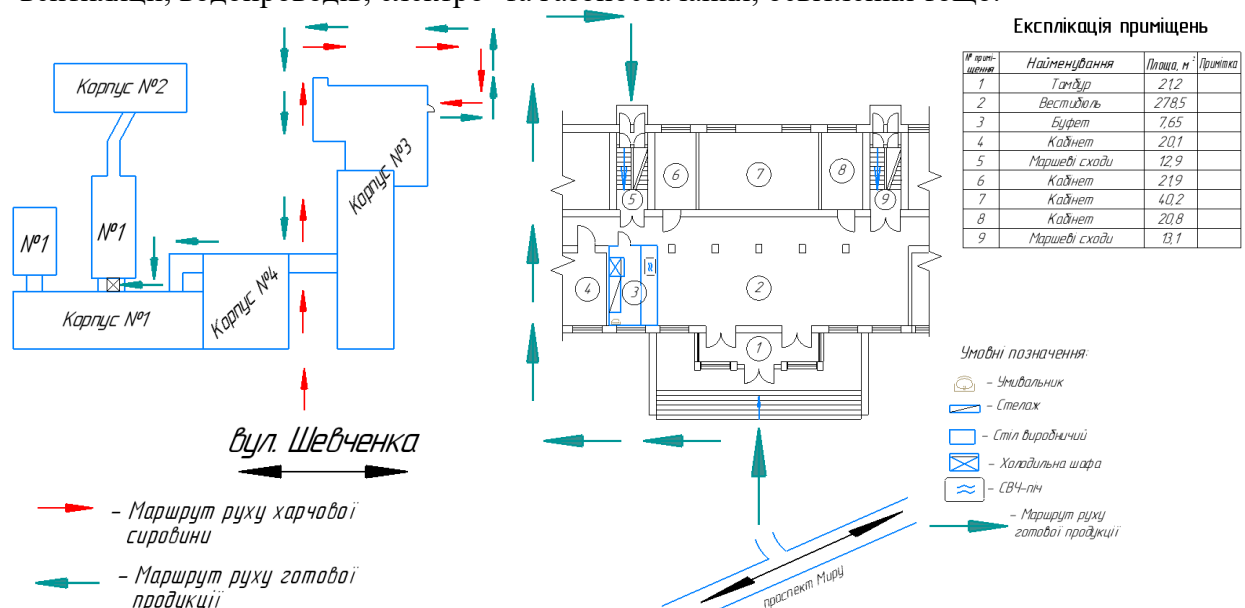


Рис. 1 – Маршрут руху готової продукції між корпусами 1-4 та план розміщення технологічного обладнання 8-го корпусу НУ «Чернігівська політехніка»

Проектування в Graphisoft Archicad дозволяє автоматичне створення 2D документації (інтерактивних каталогів в Карті проекту), ведення розрахунків та трасування систем трубо- та повітропроводів через Graphisoft MEP Modeler за допомогою імпортування елементів інженерних мереж. Інструменти AEC Collection від AUTODESK або окремих додаток AutoCAD дозволяють створення точних 2D, а, за необхідності, і 3D креслеників, з можливістю накладення на об'єкт геометричних або розмірних залежностей, що гарантує збереження зв'язків між об'єктами при редагуванні проекту через зміну руху харчової сировини, готової продукції, заміну технологічного обладнання, перепланування виробничих, допоміжних або побутових приміщень (рис. 2), що значно здешевить остаточний проект, дозволить зберігати всі варіанти проекту в одному електронному

документі при аналізі небезпечних чинників, виявленні критичних контрольних точок, розробці коригувальних дій та оцінці ефективності.

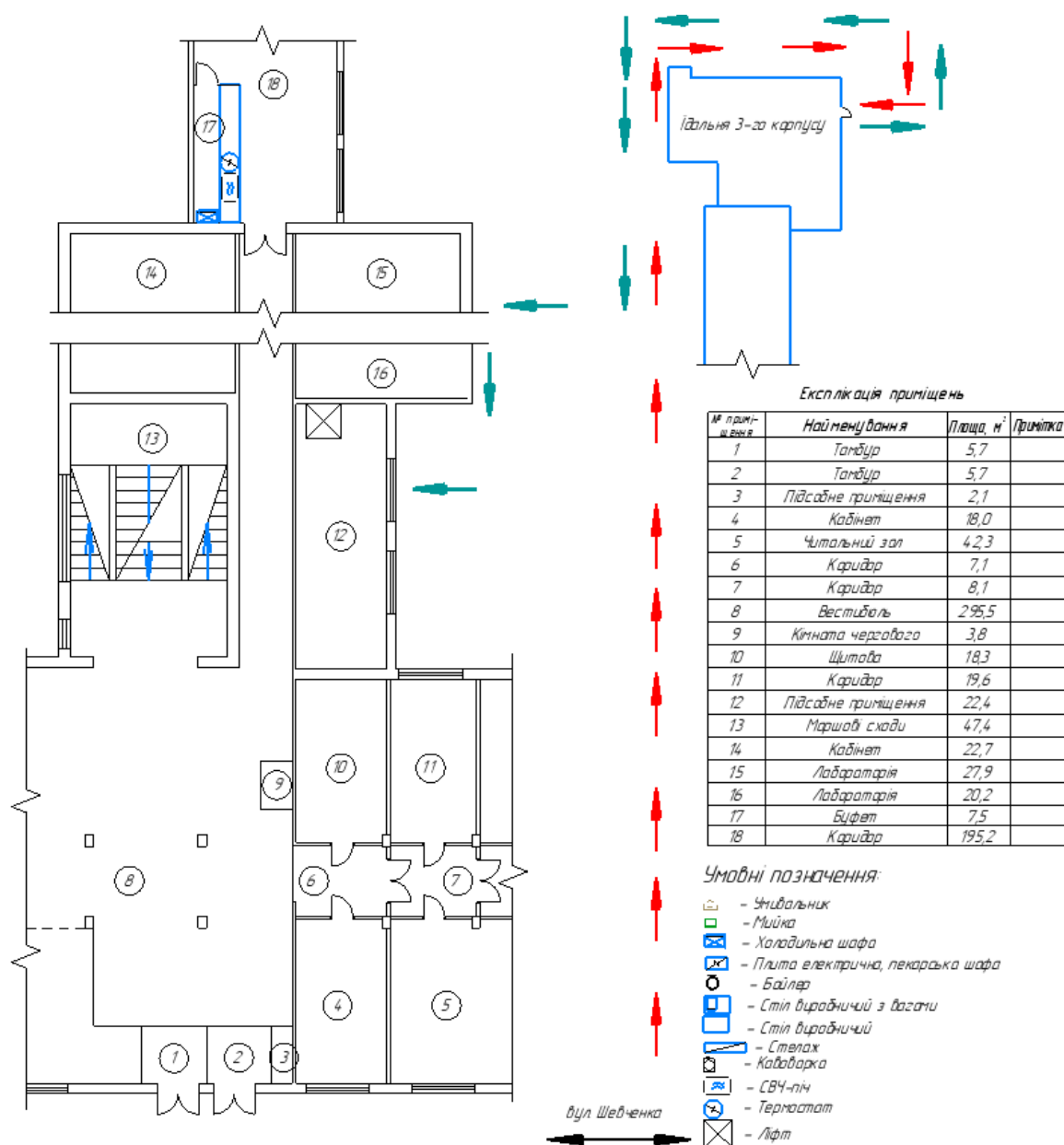


Рис. 2 – Приміщення, технологічне обладнання, маршрути руху сировини та готової продукції між корпусами 1-3 НУ «Чернігівська політехніка»

Використання САПР при впровадженні системи аналізу ризиків є перспективним напрямком підвищення ефективності створення, редагування та збереження технічної документації.

### Список посилань

1. ДСТУ ISO 22000:2019 Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі (ISO 22000:2018, IDT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0340774-19#Text>
2. Стандарти НАССР [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/shkilne-harchuvannya/standarti-nassr>

УДК 686.125

Клименко Т.Є., канд. техн. наук, доцент,  
Талімонова Н.Л., канд. техн. наук, доцент,  
Анікіна А.А., студентка,

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського»,  
[tetiana.klymenko@gmail.com](mailto:tetiana.klymenko@gmail.com)

## ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ POP-UP ВИДАНЬ

Книги з Pop-up елементами активно розвиваються, чому сприяють як розвиток технологій (поява ріжучих плотерів, 3D-друку, удосконалення офсетного друку, післядрукарські технології), так і характерний для сучасного суспільства потяг до унікальності, ручної роботи, персоналізації виробів тощо.

Книги з Pop-up елементами можна поділити на об'ємні та плоскі. Об'ємні між собою діляться за конструкціями, що розкриваються на 90° і 180°, які у свою чергу діляться на прості і складні. Основні конструктивні елементи Pop-up видань наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні конструкції для виготовлення Pop-up видань

| Вид конструкції                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Плоскі конструкції (мація)                                                | Об'ємні конструкції                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1. Діскава – рух відбувається за рахунок повороту диску                   | 1. Розкриття на 90°:<br>1.1. ступінчаста конструкція:<br>а. паралельні площини на різних рівнях;<br>б. врізка площин одна в одну.<br>1.2. Площини, що розміщені під кутом.<br>1.3. Комбіновані паралельні площини.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2. На основі рухомого важеля – рух виконується за рахунок дії на важіль   | 2. Розкриття на 180°:<br>2.1. V-подібна конструкція - змінюючи кут приклеювання конструкції, розворот цього кута та кут основи конструкції, можна отримати велику кількість форм: проста, складна, одинична (конструкція одна), множинна (складається з кількох конструкцій), із додаванням розрізів та згинів тощо.<br>2.2. Z-подібна конструкція. Різновид V-подібної. Має ті самі підвиди, що і V-подібна конструкція.<br>2.3. Паралельно впливаючі конструкції на основі квадрату чи прямокутника. Наприклад, будівлі, мости, транспорт.<br>2.4. Ліфтовий механізм. Дозволяє створювати елемент, що рухається горизонтально або вертикально над площиною. |
| 3. Слайдер – дозволяє відкрити нове зображення завдяки витягуванню смужки |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Такі видання найчастіше проєктуються невеликого об'єму, складовими елементами можуть бути слайдери, «віконні» елементи, відкриття яких являє приховане зображення чи об'ємний розворот. Не дивлячись на нестандартну будову видання, вимоги до якості друку видання є такими ж, як і до ілюстрованої дитячої книги. Тенденції розвитку структурних елементів видання завжди були пов'язані з матеріальним забезпеченням того чи іншого часу, водночас поєднуючи дані потреби з найбільш оптимальними можливими методами покращення міцнісних та візуальних характеристик видання. Можливості розвитку даного часу можуть бути пов'язані з покращенням компактності та зносостійкості книг, а також водночас можуть бути направлені на спроби зробити виробництво більш екологічним та менш залежним від паперової продукції, виготовляючи заміники чи покращуючи технології вторинного використання паперу.

### Список посилань

1. Водчиц С. Эстетика пропорций в дизайне. Система книжных пропорций / С. Водчиц – М.: Техносфера, 2005. – 416 с.
2. Огар Е. Дитяча книга: проблеми видавничої підготовки: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Е. Огар – Л.: Аз-Арт, 2002. – 160 с.

УДК 628.98

Завацький С.В., канд. фіз.-мат. наук, доцент,

Пекур І.В., магістр,

Національний університет «Чернігівська політехніка», s.zavatski@gmail.com

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОСВІТЛЕНOSTІ НАВЧАЛЬНИХ АУДИТОРІЙ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день одним з актуальних питань створення комфортних та безпечних умов для проведення освітнього процесу у навчальних закладах є освітлення як предметних кабінетів та класних кімнат, так і приміщень загального призначення. Якісне та правильно організоване освітлення позитивно впливає на освітній процес, підвищує ефективність сприйняття та засвоєння навчального матеріалу, а також знижує зорове напруження та втомлюваність учнів або студентів. Багато шкіл та університетів досі оснащені застарілими освітлювальними приладами, використання деяких з них може призвести до зниження ефективності навчання, а іноді навіть зашкодити здоров'ю вихованців. Одним із шляхів вирішення проблеми є використання сучасних світлодіодних освітлювальних систем, параметри яких відповідають чинним нормативним вимогам до освітлення [1].

**Мета дослідження.** Проаналізувати переваги та особливості використання світлодіодних систем освітлення для приміщень навчальних закладів за допомогою комп'ютерного моделювання розподілу освітленості в програмному комплексі Dialux.

**Виклад основного матеріалу.** Впровадження в Україні технічного регламенту про обмеження використання небезпечних речовин в електротехнічній та електронній продукції в 2018 році, що забороняє використання світильників з галофосфатними люмінофорами (T12, E8), а також вступ у дію з 2020 року Мініматської конвенції по ртуті [2], яка прямо забороняє виробництво продукції з вмістом ртуті (ратифікація у Європі звузила коло виробників люмінесцентних ламп), значно пришвидшило витіснення люмінесцентних ламп світлодіодами в системах освітлення, зокрема, навчальних закладів.

Поряд з тим досягнення сучасної фізики та оптоелектроніки за останні десятиліття дозволили створити світлодіоди з світловою ефективністю у 10-15 разів вищою за лампи розжарювання та у 3-4 рази вищою за люмінесцентні лампи. Використання в освітлювальних системах таких джерел світла дозволяє створювати принципово нові екологічно чисті (в будові світлодіодів відсутні екологічно небезпечні речовини) та високоефективні (120-180 лм/Вт) освітлювальні системи, а висока надійність світлодіодів дозволяє забезпечити терміни експлуатації таких систем понад 10 років.

З точки зору екологічності, світлової ефективності та терміну експлуатації зі світлодіодами не можуть конкурувати жодні інші типи джерел світла, а зручність виконання їх електроживлення дозволяє реалізувати різноманітні дизайнерські рішення та створювати інтелектуальні системи освітлення з широкими функціональними можливостями. Важливою перевагою світлодіодних освітлювальних систем над системами освітлення побудованими на основі люмінесцентних ламп є низький рівень пульсацій освітленості (1-2%), що на порядок менше від раніше дозволених високих значень (20% і більше) [3] для енергоефективних люмінесцентних ламп.

Як приклад складових елементів сучасних світлодіодних освітлювальних систем розглянемо два світлодіодних джерела світла – світильник Eglo 96154 Salobrena 1 та лампу LED P T8 glass 600 8W 100pct 4000K CT, які можуть використовуватися для реалізації освітлення в приміщеннях навчальних закладів.

Стельовий світильник Eglo 96154 Salobrena 1 має потужність 40 Вт, світловий потік становить 4100 лм, корельовану колірну температуру – 4000K, індекс кольоропередачі ( $R_a$ ) понад 80 та може використовуватися для освітлення навчальних та робочих кабінетів, а

також офісних приміщень. Світильник має мінімальний ступінь пило-вологозахисту, тому його не рекомендують використовувати в приміщеннях з підвищеною вологістю і пилом. Термін його експлуатації становить 25 000 годин (тобто понад 10 років при 6 годинній щоденній експлуатації) [4].

Світлодіодна лампа LED P T8 glass 600 8W 100pct 4000K CT може використовуватися, як альтернативна та швидка заміна люмінесцентним лампам Т8, які використовуються в початкових закладах і дозволяє створити освітлювальну систему близьку за своїми параметрами до системи на основі світильників Eglo 96154 Salobrena 1. Ці моделі підходять для стель Армстронг, ЛСГ та ЛВГ та мають ряд переваг:

- безшумний та миттєвий початок і завершення роботи;
- можливість створювати рівномірне освітлення, за відсутності УФ-випромінювання.
- легкий монтаж та тривалий термін роботи між обслуговуванням;
- екологічність (не містить шкідливих речовин і не має спеціальних вимог до утилізації);
- висока ефективність більше 120 лм/Вт;
- економія електроенергії до 62% порівняно зі звичайними люмінесцентними лампами;
- тривалий термін експлуатації [5].

Порівняння якості освітлення приміщення площею 28,7 м<sup>2</sup> стельовими світильниками Eglo 96154 Salobrena 1 та LED P T8 glass 600 8W 100pct 4000K CT було виконано за допомогою програмного комплексу Dialux, який з достатньою точністю дозволяє змодельовати розподіл освітленості в навчальній аудиторії (рис.1).

Програмний комплекс Dialux має широкий спектр можливостей, а саме: розрахунок освітленості на будь-якій поверхні (підлога, стіни, стеля, робочі поверхні під будь-якими кутами до джерела світла), контроль показників якості освітлення (горизонтальну освітленість, насиченість приміщення світлом, рівномірність освітлення).

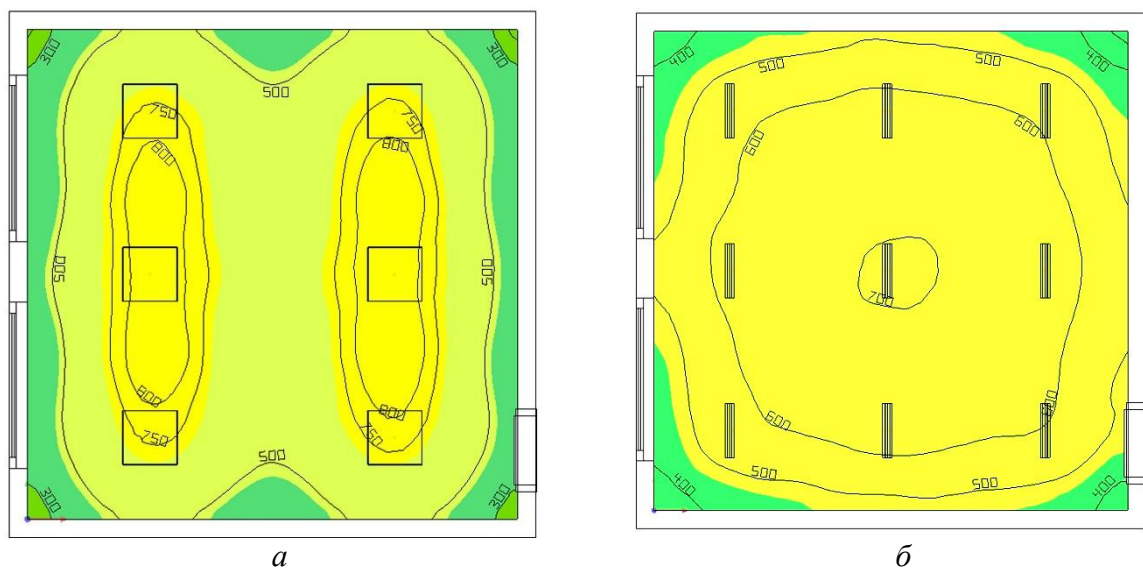


Рис.1 – Моделювання розподілу освітленості навчальної аудиторії світильниками:  
а – Eglo 96154 Salobrena 1; б – LED P T8 glass 600 8W 100pct 6500K CT

На рис.1. показано ізополі освітленості, діапазон яких становить 300-800 лк для світильників Eglo 96154 Salobrena 1 та 400-700 лк для LED P T8 glass 600 8W 100pct 6500K CT. Загалом розподіл освітлення в обох випадках майже однаковий і нормативні вимоги [ДСТУ EN 12464-1:2016] виконуються в обох випадках (див. табл. 1). Однак, використання ламп LED P T8 glass 600 8W 100pct 4000K CT на відміну від світильників Eglo 96154 Salobrena 1, не вимагає заміни конструкції стелі та корпусу світильників. Достатньо простої заміни люмінесцентних ламп на світлодіодні. Перевагою застосування ламп LED P T8 glass 600 8W 100pct 4000K CT є також вища рівномірність розподілу освітлення ( $U_0$ ) (рис. 1, б).

Варто звернути увагу на індекс UGR (єдиний індекс відблисків, числовий спосіб визначити наскільки яскравим світильник виглядає з певного місця), через те, що не всі світлодіодні освітлювальні прилади можуть забезпечити допустиме значення цього параметра відповідно до стандарту при встановленні в навчальних кабінетах, а надлишок відблисків може стати серйозною проблемою для учнів та студентів. Також у стандарті вказується, що індекс кольоропередачі освітлення має бути не меншим за 80 для навчальних аудиторій, і не менше ніж 90 для класів початкової школи та кабінетів в яких передбачається робота з кольором, що дещо обмежує використання розглянутих освітлювальних приладів. Проте дану проблему можна вирішити забезпечено іншими існуючими світлодіодними освітлювальними приладами.

Таблиця 1 – Вимоги до освітлення приміщень закладів освіти [1]

| № | Тип зони, завдання чи вид діяльності           | E <sub>m</sub> , лк | UGR <sub>L</sub> , – | U <sub>o</sub> , – | R <sub>a</sub> , – | Додаткові вимоги                                                |
|---|------------------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 | Класні кімнати, кабінети навчальних матеріалів | 300                 | 19                   | 0,60               | 80                 | Освітлення має бути регульоване                                 |
| 2 | Класи для вечірніх занять та навчання дорослих | 500                 | 19                   | 0,60               | 80                 | Освітлення має бути регульоване                                 |
| 3 | Глядацькі, лекційні зали                       | 500                 | 19                   | 0,60               | 80                 | Освітлення має бути регульованим для пристосовування різних A/V |
| 4 | Кімнати творчості                              | 500                 | 19                   | 0,60               | 80                 |                                                                 |
| 5 | Кімнати технічного креслення                   | 750                 | 16                   | 0,70               | 80                 |                                                                 |

Варто зазначити, що значне перевищення рекомендованого рівня освітлення також може негативно позначитися на дітях та студентах, а дозволені рівні пульсацій світла становить 10% для загальних класів і не більше 5% для кабінетів де проходить робота з приладами, що рухаються, або комп'ютерами. Надлишок світла в аудиторії та нерівномірний розподіл освітленості може спричинити головний біль та втому очей, тому перед заміною освітлювальних приладів на нові, більш ефективні, потрібно проводити відповідні світлотехнічні розрахунки з метою визначення параметрів нової освітлювальної системи в цілому.

**Висновки.** Застосування програмного комплексу Dialux для дослідження світлотехнічних параметрів освітленості навчальних аудиторій різними типами світильників дає можливість з достатньо високою точністю оцінити переваги й недоліки освітлювальних систем при їх виборі безпосередньо до проведення монтажних робіт.

#### Список посилань

1. ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця», – Чинний від 01.12.2017 №456, – Київ, – Державні стандарти України.
2. UNenvironment programme – Minamata Convention on Mercury – Text and Annexes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mercuryconvention.org/en/resources/minamata-convention-mercury-text-and-annexes>.
3. А. С. Шаракшанэ, С. В. Мамаев, Р. Ш. Нотфуллин, А. В. Порубов. Фактические значения пульсации освещенности, создаваемой современными источниками света. Оптический журнал. - 2017. – 84(1). – С.41-47.
4. Стельовий світильник Eglo 96154 Salobrena 1[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://e27.com.ua/ua/eglo-96154.html>.
5. FULGUR – OPPL LED P T8 glass 600 8W 100pct 6500K CT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eshop.fulgur.cz/produkt/opple-led-p-t8-glass-600-8w-100pct-6500k-ct-31460.htm#popis>.

УДК 624.07+721

Аксютенко К.А., студент  
Корзаченко М.М., канд. техн. наук, доцент  
Прибисько І.О., канд. техн. наук, доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка», korzachenko\_87@stu.cn.ua

## ТЕХНОЛОГІЇ ШВИДКОГО ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ

У наш час досить важливими питаннями є терміни зведення нового житла. Існуючі технології монолітного домобудування та зведення будівель з цегли займають рік, а то й більше. Проте існують технології, які дозволяють в коротший термін звести комфортне і надійне житло.

Для прикладу розглянемо чотири технології швидкого зведення будівель, що останнім часом набули певного попиту. Це технологія «ЕкоКуб», технологія Genesis, технології будівництва з незнімної опалубкою та збірні технології.

Технологія «ЕкоКуб» застосовується переважно для одноповерхових будівель (рис. 1, а). В основі технології «ЕкоКуб» лежить поєднання будівництва каркасних будинків із технологією будови із солом'яних блоків. Прямокутні солом'яні тюки, повторно пресуються для ще більшої жорсткості, а потім кожен солом'яний тюк обрамляється в міні-каркас. На будівництво 50 м<sup>2</sup> за такою технологією витрачається близько 30 днів [1]. До недоліків такої технології можна віднести можливість пошкодження конструкцій гризунами. Тому особливу увагу потрібно приділяти по захисту конструкцій від шкідників застосовуючи як хімічні розчини, спеціальні сітки для захисту від потрапляння ззовні так і більш екологічні заходи з розкладання рослин, які відлякують паразитів (для прикладу зашити листи сухої папороті в конструкцію будинку).

На будівництво 50 м<sup>2</sup> будинку за технологією Genesis (для будівель до 4-х поверхів) витрачається близько 10 днів (рис. 1, б), ще від 15 днів потрібно для облицювальних робіт та через 40 днів у будинок можна заселятися. В основі технології Genesis лежить міцний каркас з оцинкованого металу. Він не деформується під впливом атмосферних явищ. Каркас виробляється в заводських умовах. Утеплення проводиться полімерними легкими утеплювачами. Переваги даної технології – це низька кількість витрат тепла та мала вага каркасу, що при задовільних інженерно-геологічних умовах, дозволяє зекономити на об'ємах фундаментів [1].



а)



б)

Рис. 1 – Каркасні системи будинків: а) будинок з соломи [2]; б) будинок з сталевих тонкостінних конструкцій [3]

На будівництво 50 м<sup>2</sup> будинку за технологією з незнімною опалубкою витрачається близько 45 днів (рис. 2, а). Блоки незнімної опалубки – це дві пластини з пінополістиролу, які з'єднані між собою міцними перемичками. При цьому порожнини армують і

заповнюють бетоном. У верхній і нижній площинах елементів блоків є спеціальні замки складної форми, що нагадує кубики «ЛЕГО». Це дозволяє відмовитися від застосування тимчасових підпирних елементів. При цьому, забезпечується герметичність з'єднань і блокується витікання бетону. До переваг побудови такого будинку відносять: економія на опаленні у порівнянні з цегляними будинками у 3 рази; більший внутрішній простір за рахунок тонких стін; більші звукопоглинальні властивості у порівнянні з залізобетонними стінами [1].

Матеріалом незнімної опалубки можуть бути:

- пінополістирол екструдований, що характеризуються низькою вагою, тепло- та гідроізоляційними властивостями, проте має підвищені вимоги до пожежної безпеки;
- дерев'яно-цементна опалубка з деревної стружки має гарну звукоізоляцію та завдяки хімічній обробці має кращі пожежні властивості, не гниє та не поглинає вологу;
- фібролітова опалубка – поєднує в собі дерев'яну стружку та каустичний магнезит, що в сумі дають міцність, морозостійкість, шумопоглинання та вологостійкість;
- металева опалубка – має високу вартість, це один з головних її недоліків, адже товщина металу має складати хоча б 2 мм;
- опалубка з залізобетонних плит має досить велику вагу, що значно утруднює процес;
- бетонні опалубки виготовляються з цементу, піску й води, є екологічно чистими та мають достатню міцність на стиск. Така опалубка є морозостійкою.

Опалубки за даною технологією використовуються у спорудженні будівель різного типу: житлових, офісних приміщень, підвалів, спорткомплексів, торговельних центрів, басейнів, огорож, підпирних стін, тощо [4].

За допомогою збірної технології (технології prefab) будинок можна збудувати за декілька днів використовуючи вже готові каркаси. Конструкцію привозяться на будмайданчик, де швидко збираються у готовий продукт (рис. 2 б, в). Prefab поділяється на: сталевий, дерев'яний, пластиковий, тощо. Найпопулярнішим є дерев'яний, адже він має необмежену кількість циклів розмороження-замороження та гарні властивості утримання тепла всередині. Головною особливістю сучасних технологій prefab є те, що всі частини збираються на фабриці у напівавтоматичному режимі. Така технологія виключає людський фактор під час виробництва: машини роблять точні отвори саме там, де вони мають бути. Місця з'єднання панелей ідеально підходять одне одному. Будівництво prefab будинку є дешевшим за цегляний чи бетонний. Потрібно значно менше часу на численні види робіт, менше спеціалізованого обладнання на будмайданчику, деталей, а значить й – логістичних операцій [5].

У ХХІ віці дуже багато технологій швидкого зведення будинків. Маючи чітко поставлену ціль, будинок можна звести до місяця.

#### Список посилань

1. 5 нових технологій швидкого й економічного будівництва будинку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/uHFMGwc> (дата звернення: 15.05.2022).
2. Надійні та довговічні: які переваги будинків з соломи? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/oHF1wfs> (дата звернення: 20.05.2022).
3. Легкі сталеві тонкостінні конструкції [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://businessagroinvest.com/uk/lstk/> (дата звернення: 20.05.2022).
4. Незнімні опалубки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/YHF7V7E> (дата звернення: 15.05.2022).
5. Як звести якісний будинок за два дні? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/5HF5NxT> (дата звернення: 18.05.2022).

УДК 692

Ганєєв Т.Р., канд. техн. наук, доцент,  
Корзаченко М.М., канд. техн. наук, доцент,  
Петренко І.О., студент,  
Лісений О.О., студент,  
Бречко О.О., студент,

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

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ В ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ЦИВІЛЬНОГО НАСЕЛЕННЯ

Останні роки показали суспільству, що життю людей загрожують не лише природні та техногенні явища. Ми живемо у таких реаліях коли безпека не може бути переоціненою, коли засобів захисту не може бути забагато. Досвід експлуатації наявних сховищ вказує на необхідність перегляду підходів до їх розміщення проектування та оснащення. Насамперед треба зменшити час переміщення населення до сховищ та кількість осіб, що одночасно там перебувають.

З подібними викликами стикалися країни Азії, що потерпають від сейсмічної активності, та країни Близького Сходу, що ставали учасниками військових дій. Аналізуючи досвід цих країн світу у боротьбі за життя цивільного населення можемо виділити технічні рішення Японії та Ізраїлю. Загальна риса обох рішень це зменшення відстані між укриттями та зменшення його площі. Тому на відміну від прийнятих в багатьох країнах великих підземних громадських сховищ, в цих країнах використовуються індивідуальні та групові сховища і не лише підземні.

В Ізраїлі кожен будинок, окрім громадського сховища в підземному паркінгу, повинен мати мамад – захищене приміщення. Таке приміщення повинно мати посилені додатковим армуванням залізобетонні стіни та перекриття, металеві герметичні двері, сталеві віконниці та систему фільтрації повітря. Будують такі сховища одне над одним для підвищення стійкості. Розміщують такі групові сховища на кожному поверсі багатоквартирних будинків, розміри розраховують за кількістю людей. Для зменшення стресу від перебування в невідповідному та незнайомому приміщенні, сховища постійно використовують як дитячі кімнати та кімнати відпочинку мешканців поверху.

Для Японії характерним є поєднання громадських та індивідуальних сховищ. Індивідуальні розташовують в центральній частині квартири та оснащують аналогічно до групових сховищ.

На нашу думку Україна повинна критично проаналізувати передові розробки та розробити власну модель, що буде враховувати природні, техногенні та військові загрози сучасного світу.

### Список посилань

1. Гранатова К. Після війни нові будинки в Україні проєктуватимуть з бомбосховищем та укріпленим підземним паркінгом [Електронний ресурс] / Катерина Гранатова // chas.news. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://chas.news/news/pislya-viini-novi-budinki-v-ukraini-proektuvatimut-z-bomboshovichem-ta-ukriplenim-pidzemnim-parkingom>.
2. ДБН В 2.2.5-97 «БУДИНКИ І СПОРУДИ ЗАХИСНІ СПОРУДИ ЦИВІЛЬНОЇ ОБОРОНИ»
3. Касьянова Д. «За кам'яною стіною: Як в Ізраїлі будують укриття» [Електронний ресурс]/ Касьянова Дар'я // Bild sn. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://birdinflight.com/uk/architectura-uk/20220411-mamad.html>.

**СЕКЦІЯ 7**  
**РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА**  
**РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ. ЕЛЕКТРОНІКА. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА,**  
**ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

УДК 621.311.001.57(063)

**Закладний О.О., канд. техн. наук, доцент**  
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ,  
[zakladniy@gmail.com](mailto:zakladniy@gmail.com)

**УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМ ТА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ**  
**ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ**

Енергозбереження – найважливіше завдання сьогодення. Понад 70% виробленої у світі електричної енергії споживається електромеханічними системами (ЕМС). Частка ЕМС з асинхронними двигунами (АД) становить близько 80%. Переважна більшість з них - ЕМС з нерегульованими двигунами і тут можлива реальна економія електроенергії.

Значна частина промислових установок і механізмів на підприємствах України експлуатуються з перевищенням установленого строку служби, що призводить до їх високої аварійності та виходу з ладу. Експлуатація ЕМС, яка супроводжується численними ремонтами, призводить до того, що на підприємствах використовується АД, реальні енергетичні показники яких значно нижчі декларованих виробником, а середній термін служби двигунів не перевищує 5-7 років. Тим часом АД розраховано на термін служби 15 – 20 років без капітального ремонту за умови його експлуатації відповідно до ТУ і виконання.

Тому актуальними є розроблення і широке впровадження моделей, методик, алгоритмів, програмного забезпечення й схемо-технічних рішень діагностування для підвищення надійності та енергоефективності ЕМС з АД, вартість яких нижча від витрат на впровадження традиційних проектів з енергозбереження.

Оцінювання енергоефективності ЕМС є комплексним завданням з великою кількістю характеристик і факторів, що на нього впливають (навантаження, якість живлячої напруги, технічний стан тощо). Основним показником ефективності роботи в енергетичному аспекті вважається коефіцієнт системи в цілому. Однак для комплексної оцінки енергоефективності важливі також коефіцієнт потужності, електроенергія, яка споживається протягом життєвого циклу і значення складових втрат.

Процес ефективного використання (перетворення) енергії ЕМС визначається двома основними складниками: енергоспоживання та енерговикористання (перетворення) спожитої енергії.

Неврахування зв'язків між процесами перетворення енергії та їх наслідками є істотним недоліком існуючих засобів діагностування ЕМС. Це не дозволяє встановити причини, які призводять до погіршення енергоефективності, виникнення і розвитку несправностей та аварій.

Основною причиною низької енергоефективності ЕМС та виникнення аварій є неврахування впливу якості напруги живлення та режиму навантаження, недостатній обсяг інформації про технічний стан, відсутність ефективного безперервного захисту двигунів, несвоєчасне виявлення і усунення дефектів устаткування, недостатній рівень експлуатації, неякісний ремонт тощо [1].

Енергоефективність ЕМС прямо пов'язана з її технічним станом. Несправність механізму, наприклад, насосної установки та порушення технологічного режиму (заклинювання підшипників, проривання напірного трубопроводу тощо) призводить до зміни навантаження. З іншого боку, двигун може знаходитися у стані прихованої відмови

задовго до відпрацювання ним нормативного ресурсу. У цих випадках, а також у разі погіршення якості напруги живлення, знижуються ККД і коефіцієнт потужності.

Авторами запропоновано використовувати показники енергоефективності - ККД та коефіцієнт потужності АД для визначення енергетичного і технічного стану ЕМС з урахуванням режиму навантаження та погіршення якості напруги живлення. Визначення стану ЕМС з АД здійснюється порівнянням фактичних параметрів з їх еталонними значеннями.

Технічний стан ЕМС з АД визначається за допомогою показника відносної зношеності ізоляції та аналізу складових втрат, за якими діагностується ушкодження у відповідному вузлі, а механічні дефекти двигуна та пов'язаного з ним механізму (пошкодження та ексцентриситет ротора, підшипників, неспіввісність валів двигуна та механічного навантаження тощо) виявляються за допомогою спектрально-струмового аналізу.

Останнім часом отримали розвиток методи діагностування стану ЕМС, засновані на моніторингу спожитого струму з виконанням спеціального спектрального аналізу отриманого сигналу, що дозволяє з високою достовірністю визначати технічний стан елементів ЕМС. Принцип методу полягає в тому, що будь-які збурення в роботі механічної і електричної частин АД та пов'язаного з ним механізму призводять до змін магнітного потоку в зазорі електричної машини, а отже - до слабкої модуляції спожитого струму. Поява у спектрі струму АД характерних частот певної величини свідчить про наявність пошкоджень електричної або механічної частин ЕМС.

Проведення моніторингу струму ЕМС, на відміну від вібродіагностики, може бути виконане безпосередньо на клемній коробці АД або в електрощиті живлення без будь-якого порушення режиму його роботи.

Порівняння гармоніки напруги й струму дає можливість розрізнити гармонічні складові струму характерні для непрацюючого устаткування. В результаті створення та регулярного поповнення бази даних вимірювань та їх аналізу в процесі експлуатації ЕМС можна простежити динаміку фактичного розвитку окремих пошкоджень АД та пов'язаного з ним механізму і прогнозувати подальший розвиток несправностей. Різниця в амплітуді між основною частотою і характерною для конкретної несправності є показником критичності дефекту.

Запропоноване рішення полягає в контролюванні у реальному часі енергоефективності ЕМС засобами функціонального діагностування, обслуговуванні за фактичним станом та безперервному захисті під час експлуатації. Математичний апарат діагностування поєднує методи аналізування миттєвих значень струмів і напруги АД, температури довкілля й дозволяє визначати енергетичний і технічний стан ЕМС та прогнозувати залишковий ресурс, з методом спектрально-струмового аналізу, що надає можливість завчасного виявлення механічних ушкоджень двигуна та пов'язаного з ним механізму [2].

Впровадження результатів дозволить: зменшити витрати електроенергії ЕМС; здійснювати попереджувальне обслуговування ЕМС у реальному часі та управління їх енергетичним і технічним станом з ефективним безперервним захистом від аварійних режимів роботи; виявляти неефективні режими роботи ЕМС та приймати обґрунтовані рішення щодо подальшої їх експлуатації; мінімізувати збитки від пошкодження устаткування за рахунок вчасного виявлення несправностей, а також вирішити завдання автоматизації таких систем.

#### Список посилань.

1. Закладний О.О. Функціональне діагностування енергоефективності електромеханічних систем: Монографія / О.О. Закладний – К.: Видавництво «Лібра», 2013. – 195 с.
2. Закладний О.О. Методика функціонального діагностування енергоефективності асинхронного електропривода/ О.О. Закладний // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2013. – №1. – С. 79-84.

УДК 620.91:551.521.37

Тимофєєв В.Є., докт. геогр. наук,

Кихтенко Я. В., аспірант,

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ,

[ykihtenko@gmail.com](mailto:ykihtenko@gmail.com)

## СОНЯЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПОХИЛУ ПОВЕРХНЮ ТА ОПТИМАЛЬНІ КУТИ НАХИЛУ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА

Сумарне сонячне випромінювання, що падає на похилу поверхню ( $I_\beta$ ), має 3 складові: дифузне випромінювання ( $I_{d\beta}$ ), променеве випромінювання ( $I_{b\beta}$ ) та відбите випромінювання ( $I_r$ ) - частка падаючого випромінювання, що відбивається землею [1].

$$I_\beta = I_{d\beta} + I_{b\beta} + I_r. \quad (1)$$

Загальне добове позаземне випромінювання на нахилену поверхню, звернену на південь, становить [2]:

$$I_{o\beta} = \frac{24}{\pi} I_o [1 + 0.034 \cos(\frac{2\pi n}{365})] \cdot [\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \theta + \theta \sin(\varphi - \beta) \sin \delta], \quad (2)$$

де  $n$  – номер дня в році;

$\varphi$  – кут широти;

$\beta$  – кут нахилу поверхні;

$\delta$  – кут схилення;

$\theta$  – годинний кут.

Найбільшу кількість енергії від Сонця можна отримати при використанні системи, кут нахилу якої змінюється відповідно до положення Сонця [3].

Величина радіації, яку приймає сонячний колектор, залежить від багатьох факторів, таких як широта місця розташування, кут схилення (кутове положення Сонця в сонячний полудень відносно площини екватора), кут нахилу, годинний кут сходу Сонця та азимутальний кут. За словами Бенганема кути орієнтації і кути нахилу мають значний вплив на величину сонячного випромінювання, що досягає поверхні колектора [4].

Для конструювання сонячних енергетичних установок з рухомою поверхнею необхідно використовувати значення сумарної радіації, яка надходить на поверхню, нахилену на оптимальний кут для кожного місяця, та на поверхню, нахилену на кут, що дорівнює широті місцевості, а також оцінку ефективності роботи різних сонячних енергетичних установок (СЕУ) за даними про кількість виробленої енергії [3].

Вчений Хонсберг запропонував такі кути нахилу:  $\varphi + 15^\circ$  для оптимального,  $\varphi - 15^\circ$  для максимального та  $\varphi$  для рівномірного виробництва енергії [4]. Адже при однаковій широті місцевості, річне виробництво енергії становить для фотоінтегратора від 80 до 200 кВт·год/м<sup>2</sup>, а для плоского колектора – від 200 до 900 кВт·год/м<sup>2</sup> [3]. Тому дані кути нахилу є оптимальними показниками кутів нахилу сонячного колектора для придатних для розвитку сонячної енергетики регіонів Землі, у тому числі і України. Спостереження показують, що кут нахилу  $\varphi + 15^\circ$  має кращі показники з середини січня по березень та з середини вересня до середини жовтня. Дані також показують, що відповідний кут нахилу для перших 2 тижнів квітня та останніх 2 тижнів липня становить  $\varphi - 15^\circ$ . Інформація про оптимальні кути нахилу сонячного колектора на похилій поверхні в залежності від географічної широти місцевості подано в таблиці 1 [4].

Для періодичного відстеження сонячного колектора протягом року рекомендуються такі кути нахилу:  $\varphi + 25^\circ$  для листопада, грудня та січня;  $\varphi + 15^\circ$  для лютого, вересня та жовтня;  $\varphi - 15^\circ$  для серпня;  $\varphi - 25^\circ$  для травня, червня та липня; та  $\varphi$  для березня та квітня. Ці рекомендації підходять для сонячних колекторів із пристроями нахилу. Кути нахилу  $\varphi + 25^\circ$

і  $\varphi - 25^\circ$  не є загальноприйнятими в літературі; однак, як показують результати, ці кути нахилу сонячного колектора актуальні для періодичного відстеження сонячної енергії, навіть якщо ця енергія незначна [4].

Таблиця 1 – Оптимальний кут для сонячних панелей залежно від широти місцевості [4]

| Широта місцевості | Кут нахилу               |
|-------------------|--------------------------|
| 0-15 °            | 15 °                     |
| 15-25 °           | Кут нахилу рівний широті |
| 25-30 °           | +/- 5 ° до широти        |
| 30-35 °           | +/- 10 ° до широти       |
| 35-40 °           | +/- 15 ° до широти       |
| Більше 40 °       | +/- 20 ° до широти       |

Крім цього, через симетрію оптимальний кут нахилу буде вдень таким же, як і вранці, але орієнтований в протилежному напрямку, тобто на захід. Колектор, у якого встановлена сонячна панель на схід вранці та на захід ввечері, має оптимальний кут нахилу майже однаковий протягом року, тобто  $36 - 39,4^\circ$ . Це перевага у порівнянні з колектором, встановленим на північ або південь. Для колектора, що виходить на північ, потрібне регулювання від  $0$  до  $40^\circ$  (12 березня - 30 вересня) і зміна орієнтації на південь з регулюванням кута від  $0$  до  $30^\circ$  (1 жовтня - 11 березня).

Отже, оптимальний кут нахилу для сонячного колектора, протягом 12 березня - 30 вересня змінюється між  $0 - 40^\circ$  (орієнтація на північ) і протягом 1 жовтня - 11 березня знаходиться між  $0 - 30^\circ$  (орієнтація на південь).

Іншим варіантом є встановлення двох колекторів, тобто одного, спрямованого на схід для використання вранці і одного - на захід ввечері. Оптимальний кут нахилу для цих колекторів становить  $36 - 39,4^\circ$ .

Використання цих кутів нахилу сонячної панелі демонструє ефективне управління витратами часу, енергії та коштів, необхідних для збору даних актинометричних величин, для отримання сонячної енергії, на основі якої створюється та оцінюється геліопотенціал, тобто потенціал сонячної енергії на певній території, у певному регіоні, державі, материку, континенту та на всій земній кулі в цілому і визначається придатність для розвитку геліоенергетики як одного з видів альтернативних джерел енергії та видів енергетики загалом на даних територіях [5].

#### Список посилань

1. Seyed Abbas Mousavi Maleki, H. Hizam and Chandima Gomes. Estimation of Hourly, Daily and Monthly Global Solar Radiation on Inclined Surfaces: Models Re-Visited / Centre of Advanced Power and Energy Research (CAPER), Universiti Putra Malaysia, 43400 Selangor, Malaysia – 22 January 2017.
2. Ramez Abdallah, Adel Juaidi, Salameh Abdel-Fattah and Francisco Manzano-Agugliaro. Estimating the Optimum Tilt Angles for South-Facing Surfaces in Palestine - 1 February 2020 [Internet] URL: <https://doi.org/10.3390/en13030623>.
3. Л.С. Рибченко, С.В. Савчук «Потенціал геліоенергетичних кліматичних ресурсів сонячної радіації в Україні». Український гідрометеорологічний інститут, Київ, 2015.
4. Idowu, O.S., Olarenwaju, O.M. & Ifedayo, O.I. Determination of optimum tilt angles for solar collectors in low-latitude tropical region. Int J Energy Environ Eng 4, 29 (2013). [Internet] URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/2251-6832-4-29>.
5. Ekadewi A. Handoyo, Djatmiko Ichsan, Prabowo. The optimal tilt angle of a solar collector / Indonesian Institute of Sciences. Energy Procedia 32 ( 2013 ) 166 – 175. [Internet] URL: <https://www.sciencedirect.com/>

УДК 681.2; 544.6; 621.35; 614.71

**Богомолів М.Ф., канд. техн. наук, доцент**

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,  
[nbogom@yahoo.com](mailto:nbogom@yahoo.com)

**Троць А.А., канд. техн. наук, доцент**

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ,  
[adamtroc@ukr.net](mailto:adamtroc@ukr.net)

**Симонюк В.П., канд. техн. наук, доцент**

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, [volodimir\\_simonyuk@ukr.net](mailto:volodimir_simonyuk@ukr.net)

## ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ ІЗ ВОДИ

Великої популярності на тепер набули роботи пов'язані із тематикою стосовно паливних елементів. Паливний елемент – електрохімічний пристрій, який перетворює енергію хімічної реакції в електричну, при цьому реагенти подаються у нього зовні.

Паливні елементи екологічні і не потребують тривалої зарядки. Вони можуть бути швидко заправлені. Їх ККД доволі високий і може сягати 80%, вони надійні і не містять великої кількості елементів.

Дуже затребуваними на даний час є результати наукових пошуків та досліджень з питань отримання самодостатнього джерела електричної енергії при здійсненні високотемпературного електролізу водяної пари та її взаємодії із атмосферою. Як відомо, при цьому побічними продуктами процесу є спонтанне виділення в навколишнє середовище молекулярного кисню і водню. Цей процес відбувається за рахунок різниці концентрацій кисню і водню в парах води та вмісту цих компонентів у повітрі. Електрохімічний процес отримання електричного струму при цьому є можливим і достатнім для потреб живлення електричних пристроїв різного ступеня складності.

Дуже важливим при створенні енергетично позитивних генераторів є те, що в процесі їх функціонування можна отримувати додаткові об'єми концентрованого кисню і водню. Враховуючи необхідність у збільшенні потреби запасів кисню в медичних закладах, пов'язаних із захворюваністю населення на COVID-19, а також потреб водню як палива, цей фактор заслуговує на особливу увагу.

У світовій практиці електролізери і паливні елементи з твердим полімерним електролітом (ТПЕ) вважаються найбільш перспективними для створення оборотного осередку, працюючого як в режимі електролізера, так і паливного елемента. Це обумовлено низькою інерційністю, високим ККД, питомою потужністю і екологічністю процесу. Оборотний осередок привабливий можливістю зниження ваги та зменшення розміру системи і, в якійсь мірі, її вартості.

Для цієї мети можуть бути використані як хімічно оборотні кисневі і водневі електроди, так і електроди, які не змінюють своєї окисної або відновлювальної функції при перемиканні режимів.

## Список посилань

1. P. Podleschny, U. Rost, R. Muntean, G. Marginean, A. Heinzl, V. Peinecke, I. Radev, M. Muhler, M. Brodmann, Investigation of Carbon Nanofiber-supported Electrocatalysts with Ultra-low Platinum Loading for the Use in PEM Fuel Cells. Wiley Online Library. First published: 27 September 2018. <https://doi.org/10.1002/fuce.201700220>.

2. Bapat S, Giehl C, Kohsakowski S, Peinecke V, Schäffler M, Segets D. On the State and Stability of Fuel Cell Catalyst Inks. Preprint from ChemRxiv, 09 Jun 2021. DOI: 10.26434/chemrxiv.13125401. v4.

3. Bogomolov M.F. Development of ecological source power supply for radio electronic devices. / M.F. Bogomolov, A.A. Trots, V.L. Goncharuk. // Measuring and computing devices in technological processes. – № 3' 2015. – p. 174-179.

4. Ahn J., Ledjeff K. Patent Hermanyy № P4027655.4, 1990.

УДК 621.316

Єщенко О.І., канд. техн. наук, доцент

Демченко В.В., магістр

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,

[doc44ent@gmail.com](mailto:doc44ent@gmail.com)

## АКУМУЛЯЦІЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Теплове акумулювання - це фізичні або хімічні процеси, за допомогою яких відбувається накопичення тепла в тепловому акумуляторі енергії (ТА). Основний конструктив процесу – акумулятор, що складається з резервуара для зберігання (зазвичай, теплоізовованого), акумулюючого середовища (робочого тіла), пристрої для заряджання та розряджання і допоміжного обладнання. Для всіх систем із застосуванням акумуляції теплової енергії важливі наступні характеристики [1] :

- ємність зберігання енергії,  $Q_{ЗТЕ}$ ;
- час зберігання;
- швидкість зарядки та вивантаження енергії,  $Q_z$  та  $Q_p$ ;
- ефективність зберігання енергії,  $\eta$ .

Інтеграція теплового акумулятора в систему децентралізованого теплопостачання має сенс якщо в системі застосовуються котли на твердому паливі, та немає можливості забезпечити їх постійне обслуговування. У цьому випадку акумулятор тепла забезпечить постійну стабільну температуру в приміщенні, та навіть зможе згладити неминучі зміни при чищенні і видаленні золи. При установці теплоаккумулятора витрата палива значно знизиться, а система опалення прослужить довше, котел буде працювати в ощадному режимі.

Проведена, як приклад, розробка системи децентралізованого теплопостачання фермерського господарства (ГВС, опалення, вентиляція) показує, що в зимовий період потреба такого господарства в тепловій енергії становить до 0,30 Гкал/год.

До складу типової схеми системи теплопостачання такого господарства (рис. 1) входить наступне обладнання: котел водогрійний, бак-акумулятор з електрокомпенсатором теплових втрат, бак розширювальний, пристрій автоматичного управління. Також до теплової системи входять: опалювальні прилади, теплоутилізатор і установка активного вентилявання (на схемі не показані).

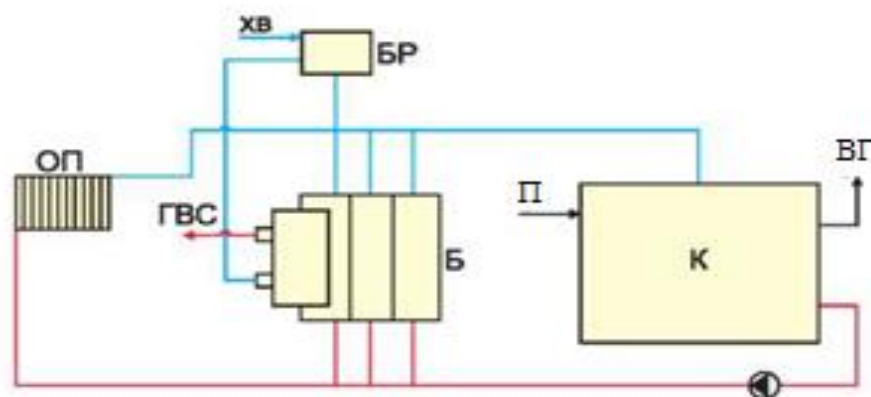


Рис. 1 – Системи теплопостачання з використанням бака-акумулятора з компенсатором втрат: К – котел; Б – бак - акумулятор; БР – бак розширювальний; ОП – опалювальні прилади; ГВС – гаряче водоспоживання; хв – холодна вода; п – паливо; вг – відхідні гази.

Котельне обладнання повинно забезпечувати:

- нормативний технологічний рівень спалювання твердого палива;

- можливість завантаження твердого палива на колосникові грати зверху;
- можливість установки пальника для спалювання газового палива;
- можливість установки в житлових і технологічних приміщеннях за ознаками вибухо- і пожежобезпеки, габаритів, маси, естетичного вигляду і санітарно-гігієнічним умовам;
- можливість застосування найпростіших технологій при виготовленні і монтажі, і мінімального використання дорогих матеріалів за рахунок вибору доцільної конструктивної схеми.

Використання електроенергії для опалення в даній схемі можливо завдяки застосуванню в конструкції бака-акумулятора електронагрівальних елементів. Також особливістю конструкції є поділ бака-акумулятора на три ємності, що забезпечують зручність доставки складових частин до місця монтажу. Ємності пов'язані між собою «по воді» через котел. Застосування збірно-розбірної конструкції значно спрощує подальше технічне обслуговування теплової системи.

У свою чергу, акумулятор з електрокомпенсатором теплових втрат повинен забезпечувати:

- акумулювання теплової енергії для здійснення добового циклу опалення житлових і технологічних приміщень при непрацюючому котлі;
- контактний теплообмін між потоками води з опалювальних приладів і нагрітою водою з котла в період роботи;
- можливість роботи в піково-аварійному режимі;
- підігрів води у вбудованому місткості нагрівачі для системи ГВП;
- природну циркуляцію теплоносія між котлом і баком-акумулятором, між баком-акумулятором і опалювальними приладами побутових приміщень при відстані між котлом і опалювальними приладами не більше 25 м (примусова циркуляція теплоносія на великій відстані здійснюється з допомогою насоса);
- мінімальні втрати тепла в навколишнє середовище при зовнішній температурі теплоізоляції не вище 50 °С згідно СНиП;
- заповнення системи опалення через розширювальний бачок;
- заповнення системи ГВП, включаючи вбудований ємнісний водонагрівач ГВС, через бак холодної води, з'єднана з атмосферним патрубком, який забезпечує роботу бака холодної води в якості розширювального;
- можливість установки в житлових і технологічних приміщеннях завдяки оптимальним габаритними розмірами.

Необхідний обсяг теплоаккумулюючої ємності, розрахований для аналізованого варіанта фермерського господарства, склав 1,96 м куб.

Для даної системи теплопостачання також розроблений дослідний зразок пристрою автоматичного контролю і управління, створений з урахуванням специфіки сільськогосподарського виробництва, а саме, відсутність, як правило, на фермах кваліфікованого обслуговуючого персоналу.

Розроблений бак-акумулятор з електрокомпенсатором теплових втрат дозволяє:

- знизити витрати праці при опаленні на твердому паливі в зимовий час в 2,4 рази;
- перевести систему в автоматичний режим (без чергового персоналу) в перехідний період осінь-зима, зима-весна;
- застосовувати пільговий тариф при використанні електроенергії;
- запобігти в системі аварійного розморожування.

#### Список посилань

1. Бекман Г. Тепловое аккумулирование энергии / Г. Бекман, П.В. Гилли – М.: Мир, 1987. – 269с.

УДК 621.316

Виноградов-Салтиков В.А., канд. техн. наук, доцент,  
Єщенко О.І., канд. техн. наук, доцент,  
Ряго В.В., магістр,

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,  
[doc44ent@gmail.com](mailto:doc44ent@gmail.com)

## ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ В РЕГУЛЯРНОМУ РЕЖИМІ

На даний час актуальною проблемою є пошук і створення енергозберігаючих заходів та інженерних рішень, що могли б забезпечити мінімальне тепло- та енергоспоживання на теплотехнологічні процеси та одночасно звести до мінімуму теплові втрати. Значну роль у цьому відіграє знання теплофізичних характеристик (ТФХ), що використовуються в якості розрахункових значень для оцінки теплозахисних властивостей конструкційних матеріалів. Не останню роль має знання цих властивостей на процеси нагрівання, обробки й виготовлення матеріалів і виробів, та матеріалу, що використовується в оболонці апаратів, конструкцій огорожень, а також змінності їх властивості від вологості, температурних та механічних навантажень. В більшості випадків потрібно розглядати так звані ефективні властивості продуктів і матеріалів, і визначати їх в нестационарних процесах, під час яких і відбуваються характерні зміни в структурі речовини матеріалу.

Комплексне визначення дозволяє одночасно визначити перелічені характеристики (властивості) при зміні температури, вологості, що особливо важливо, враховувати структурні зміни всередині речовин з можливими фазовими перетвореннями.

Метою дослідження є особливості накопичення та перенесення енергії у нестационарному режимі, аналітичного опису цих процесів, застосування теорії подібності, а також методики визначення коефіцієнта теплопровідності, темпу охолодження та теплоємності – у регулярному режимі II роду.

Різниця температур в окремих точках тіла є рушійною силою перенесення теплової енергії або теплоти в напрямку меншої температури. Перенесення теплоти може відбуватися трьома способами за рахунок теплопровідності, конвекції та випромінювання.

Для сипких та поруватих матеріалів всі перелічені процеси перенесення теплоти поєднуються і відбуваються сумісно, а саме:

- 1) теплопровідність у твердих частинках чи каркасі –  $Q_{\lambda_{тч}}$ ;
- 2) теплопровідність у газуватому заповнювачі –  $Q_{\lambda_{г}}$ ;
- 3) конвекція у порах –  $Q_{\alpha}$ ;
- 4) променистий теплообмін між твердими частинками (стінками пор) –  $Q_{\epsilon}$ .

Чисельні експерименти показали, що для більшості теплоенергетичних та теплотехнологічних процесів частка енергії, що переноситься конвекцією у порах та променистим теплообміном між твердими частинками, а подекуди теплопровідністю у твердих частинках чи тонкому каркасі, є дуже малою порівняно із теплопровідністю газового чи рідинного заповнювача. Це дає можливість застосувати феноменологічний підхід до цього явища, тобто розглядати нерухомий сипкий або поруватий матеріал — як простір, заповнений не окремими частинками, а суцільною масою, в якій тепла енергія поширюється лише теплопровідністю.

Теплопровідність в пористому матеріалі будемо розглядати через молекулярне перенесення теплоти в тілах або між ними, що обумовлено перемінністю температурного поля. Процеси теплопровідності, за якими температурне поле змінюється з часом, називаються нестационарним

Нестационарні процеси теплопровідності відбуваються при нагріванні або охолодженні тіл і супроводжуються зміненням ентальпії тіла. Будь-який процес нагріву або охолодження тіла можна умовно поділити на три стадії.

Перша стадія відповідає початку процесу, характеризує поширення температурних збурень. На цій стадії швидкість змінення температури в різних очах тіла різна, температурне поле залежить від початкового розподілу температур. Такий режим називається неусталеним.

З часом вплив початкових нерівномірностей (значень) температури в тілі зменшується і швидкість змінення температури у всіх точках тіла стає сталою величиною, що залежить від форми і розмірів тіла, його теплофізичних властивостей, умов теплообміну на поверхні тіла. режим називається регулярним.

Після тривалого часу (теоретично нескінченно великого часу) настає стаціонарний режим з постійним розподілом температури тіла в часі.

Рішення задачі нестационарної теплопровідності це визначення температурного поля і кількості теплоти, що отримується тілом за час  $\tau$ . Ці задачі розв'язуються рішенням диференційного рівняння теплопровідності спільно з умовами однозначності. [1]. Умови однозначності це математичний опис всіх частинних особливостей конкретного процесу.

Другий закон Фур'є або диференціальне рівняння Фур'є-Кірхгофа для сферичної стінки має такий вигляд:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left( \frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{2\partial t}{r\partial r} \right), \quad (1)$$

де додатково до рівняння  $\int_{t_1}^{t_2} dt = - \int_{r_1}^{r_2} \frac{Q}{4\pi \cdot \lambda} \frac{dr}{r^2}$ .

$\tau$  – час процесу;

$c$  – масова теплоємність;

$\rho$  – густина матеріалу.

Для порожнистої кулі це рішення наведене у праці [1]. Однозначно перетворити його відносно величин  $\lambda$ ,  $c$ , чи  $\alpha$  неможливо, тому вдаються до методів теорії подібності. В нашому випадку рівняння подібності має такий вигляд:

$$\theta = f(\eta; Fo; Bi), \quad (2)$$

де  $\theta$  – відносна надлишкова температура, або температурний критерій,

$\eta$  – відношення внутрішнього та зовнішнього радіусів кульового про шарку,

$Fo$  – безрозмірний час процесу, або число Фур'є;

$Bi$  – число подібності граничних умов, або число Біо.

Дана робота має практичну та дослідницьку спрямованість і яка має можливості розглядати визначення ТФХ різних за складом матеріалів під час лабораторної роботи [2].

#### Список посилань

1. Лыков А. В. Тепломассобмен / А.В. Лыков – М.: Энергия, 1978. – 480с.
2. Теплотехнічні вимірювання. Визначення теплоємності та температуропровідності сипких матеріалів у регулярному режимі: Навчальний посібник., Лабораторний практикум. / Уклад.: В.О. Виноградов-Салтиков, О.І. Єщенко. Електронне мережне видання – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – 22 с.

УДК 621.577(075)8

Єщенко О.І., канд. техн. наук, доцент

Тупотіна Є.Д., студентка

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,

[doc44ent@gmail.com](mailto:doc44ent@gmail.com)

## СИСТЕМА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Наразі все більш гострим стає питання збереження ресурсів та відновлення екологічного стану планети. Звичайні підприємці зацікавлені зокрема в питанні енергозбереження, що в першу чергу приваблює матеріальним заощадженням. Дана робота має на меті представити розробку системи гарячого водопостачання з використанням теплового насоса (ТН), яка може бути впроваджена на інших адміністративних, житлово-комунальних або приватних об'єктах [1].

Ефективність застосування теплових насосів в системах тепlopостачання підтверджується світовою практикою їх використання в цій сфері. Величина встановленої теплової потужності ТН досягає 10100 МВт, а щорічне виробництво теплової енергії становить близько 59000 ТДж [2]. Тепловий насос забезпечує ефективне використання енергії навколишнього середовища та призводить до зменшення експлуатаційних витрат і забруднення навколишнього середовища.

Тепlopостачання житлових та офісних приміщень з використанням ТН один з напрямків світової відновлювальної енергії, що є основним трендом IV енергетичного переходу. Техніко-економічна доцільність застосування ТН в кожному випадку оцінюється при вирішенні конкретних задач енергозбереження.

Розглядається будівля адміністративного призначення в місті Київ, для якої розроблена (рис. 1) система гарячого водопостачання (ГВП), що також виступає резервною системою опалення (СО).

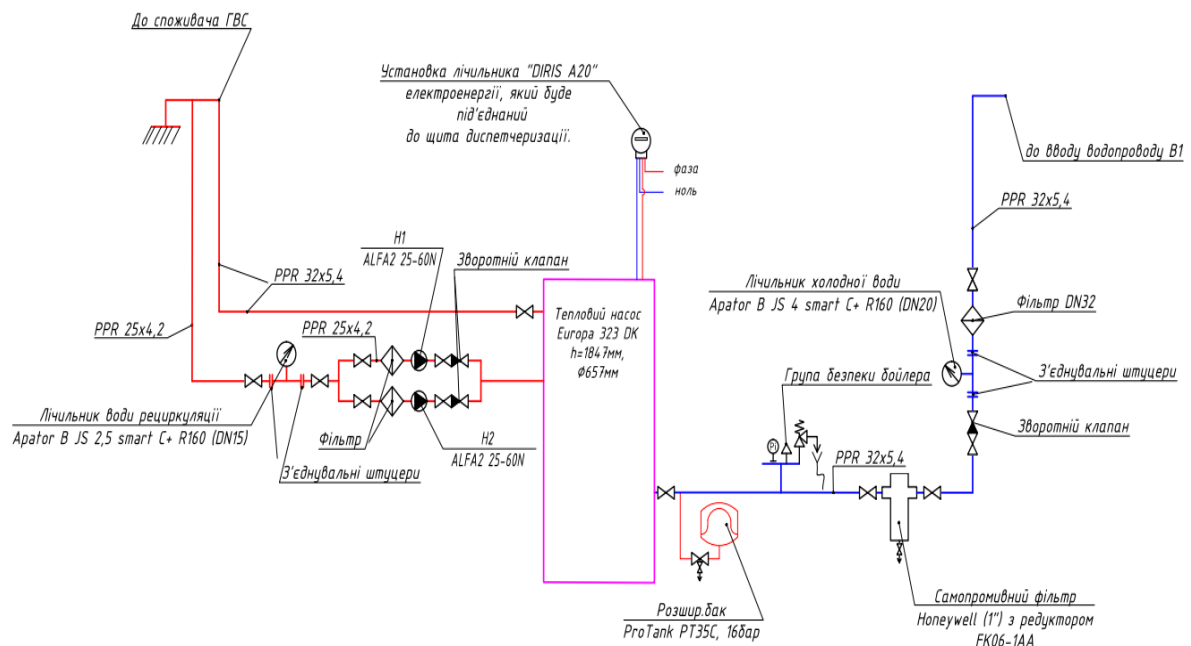


Рис. 1 – Принципова схема системи ГВП з тепловим насосом

Вода з централізованого водопостачання через фільтр проходить до пристрою обліку Арастор В JS 4 Smart C+. Далі холодна вода проходить через самопромивний фільтр Honeywell та потрапляє до теплового насоса австрійського виробника Ochsner моделі

Europa 323 DK-EW. Враховуючи розширення води при нагріві встановлений розширювальний бак ProTank PT35C. Схемою передбачено приєднання лічильника електричної енергії, що фіксує її витрати на роботу установки. Підігріта вода циркулює через споживача і теж піддається обліку. До того ж в системі встановлено додаткові фільтри та два циркуляційних насоси датського виробництва Grundfos ALFA2 25-60N.

Тепловий насос Ochsner Europa 323 DK – це насос типу «повітря-вода» із вбудованим емним водонагрівачем об'ємом на 300 літрів, коефіцієнт продуктивності (середній) системи (COP) складає 4,1 (рис. 2). Установка працює щодня у робочі години і використовує за добу 0,8 м<sup>3</sup> води. Споживання електроенергії установкою за добу складає 11,47 кВт\*год при нагріві води з +10°C до +60°C.

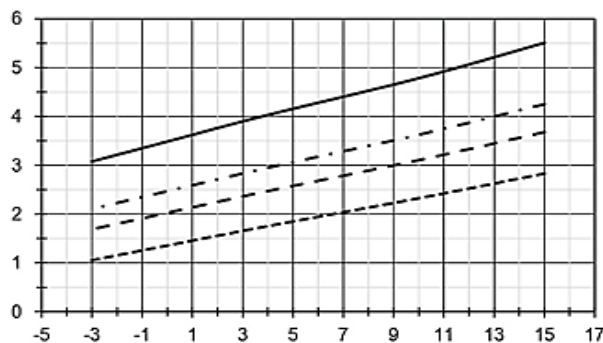


Рис. 2 – Залежність COP від зовнішньої температури

Тепловий насос оснащений контролером (сенсорний блок Tiptronik Plus), який дозволяє автоматизувати процес управління насосом, бойлером, електричним догрівачем та здійснювати енергомоніторинг під час експлуатації. Можна налаштувати його таким чином, щоб рециркуляція здійснювалася тільки в заданий час. Передбачається робота тільки вдень для виключення втрат тепла в нічний період. Робота теплового насоса так само може бути запрограмована на погодинний нагрів води.

Слід зазначити, що в будівлі також використовується централізоване опалення. Для обліку споживання теплової енергії у цьому випадку використовують лічильник Kamstrup MULTICAL 602.

#### Висновки:

1. Для опалення та ГВП будівлі використовують закриту (ГВП) та залежну СО, зокрема тепловий насос використовується для ГВП та частково для опалення.
2. Описана система опалення та ГВП робить будівлю незалежною від централізованого теплопостачання з можливістю контролювати споживання енергії на нагрів води та робити його більш ефективним, внаслідок чого заощаджуються кошти.
3. Ще однією перевагою теплового насоса в даному випадку є те, що будівля вважається такою, що більш ефективно використовує енергоресурси, тому підлягає необхідним сертифікаціям з енергоефективності, що має значний вплив на імідж підприємства. У подальшому рекомендується повний перехід до опалення будівлі тепловим насосом без використання централізованого теплопостачання.

#### Список посилань

1. Безродний М.К. Теплові насоси та їх використання: навч. посіб. / М.К. Безродний, І.І. Пуховий, Д.С. Кутра – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 311 с.
2. Єрміловат С. Кращі з доступних технологій для житлово-комунального господарства України. Керівництво з відбору технологій / під редакцією С. Єрміловат – К.: «Поліграф плюс», 2016. – 134с.

УДК 628.168.3

Трус І.М., канд. техн. наук, доцент,  
Гомеля М.Д., докт. техн. наук, професор,  
Твердохліб М.М., канд. техн. наук, асистент,  
Руденко О., студентка,  
Хомутовська А., студентка,  
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,  
[inna.trus.m@gmail.com](mailto:inna.trus.m@gmail.com)

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗНЕСОЛЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ВОД ПРИ ВИКОРИСТАННІ АЛЮМІНІЄВИХ КОАГУЛЯНТІВ

На сьогоднішній день однією з основних екологічних проблем є засолення поверхневих та підземних водних джерел. Це відбувається внаслідок скидів мінералізованих стічних вод [1]. Цю проблему можна вирішити шляхом комплексної переробки мінералізованих стічних вод, у тому числі і шахтних [2]. Виходячи з вимог екологічної безпеки, беззастережному знесоленню перед скидом у відкриті водойми підлягають усі мінералізовані води. Знесоленням природних мінералізованих вод можна також вирішити проблему забезпечення високоякісною питною водою населення та промисловості, особливо в районах, що мають обмежені водні ресурси [3]. Підбір раціональної схеми водопідготовки визначається хімічним складом вихідної води, нормативними показниками до якості очищеної води та техніко-економічними розрахунками [4].

Для пом'якшення та зменшення солевмісту води застосовують реагентні методи [5]. Основними перевагами методу реагентного пом'якшення води є дешевизна та простота апаратурного оформлення, можливість виділення солей жорсткості у вигляді нетоксичних осадів, що дає можливість їх утилізації [6]. При очищенні води від сульфатів та при її пом'якшенні в якості реагентів використовують гідроксохлориди алюмінію, внаслідок чого відбувається вторинне забруднення води хлоридами. Недоліком використання алюмінату натрію є великі значення залишкової лужності води. Крім того, для вирівнювання рН розчинів їх необхідно обробляти вуглекислотою чи магнезитом. В значній мірі вирішити проблему можливо за рахунок використання наряду із алюмінатом натрію гідроксохлориду алюмінію [7,8]. Вибираючи співвідношення між гідроксоалюмінатом натрію та гідроксохлоридом алюмінію можна регулювати вміст в очищеній воді хлоридів та іонів натрію, при внесенні необхідної для ефективного зв'язування сульфатів кількості алюмінієвого компоненту. При цьому в лужному середовищі гідроксохлорид алюмінію перетворюється в гідроксоалюмінат кальцію, який сприяє підвищенню ефективності очищення від сульфатів за рахунок співосадження сульфату та гідроксоалюмінату кальцію. Це сприяє не лише підвищенню ефективності видалення сульфатів і пом'якшення води, але й призводить до зниження рН середовища без застосування вуглекислоти.

Про ефективність очищення води запропонованим методом та ефективність її пом'якшення можна судити з наведеного прикладу. Оскільки при обробці розчину вапном концентрацію сульфатів можна знизити до  $\sim 30$  мг-екв/дм<sup>3</sup>, тому в дослідженнях саме цю концентрацію брали як вихідну, жорсткість розчину становила 24,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>. В даному випадку розчин після обробки вапном та алюмінієвими коагулянтами не обробляли діоксидом вуглецю. Тобто, процес скоротився щонайменше на 2 стадії (барботажа та фільтрування). При цьому відбувалась нейтралізація лугу, що утворювався при гідролізі гідроксоалюмінату натрію соляною кислотою, яка утворювалась при гідролізі гідроксохлориду алюмінію. Крім вилучення сульфатів спостерігалось зниження загальної мінералізації з 2200 мг/дм<sup>3</sup> до значень менших 1000 мг/дм<sup>3</sup>. Досить ефективним було пом'якшення води. Ефективність пом'якшення зростала при зниженні витрати вапна.

Лужність також була в допустимих межах. Таку воду можна скидати в каналізацію чи повторно використовувати в процесі водопідготовки (табл. 1).

Таблиця 1 – Залежність ефективності очищення води від сульфатів, її пом'якшення від доз реагентів при обробці води вапном, гідроксоалюмінатом натрію та 5/6 гідроксохлоридом алюмінію

| №<br>п/п | Доза, ммоль/дм <sup>3</sup> |                       |                                      | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>мг-екв/дм <sup>3</sup> | Ж, мг-<br>екв/дм <sup>3</sup> | Л, мг-<br>екв/дм <sup>3</sup> | М,<br>мг/дм <sup>3</sup> |
|----------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
|          | CaO                         | NaAl(OH) <sub>4</sub> | Al <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> Cl |                                                         |                               |                               |                          |
| 1        | 52,40                       | 6,13                  | 6,13                                 | 7,23                                                    | 4,15                          | 4,22                          | 929,00                   |
| 2        | 55,02                       | 6,13                  | 6,13                                 | 5,73                                                    | 4,11                          | 4,87                          | 937,00                   |
| 3        | 57,64                       | 6,13                  | 6,13                                 | 5,60                                                    | 4,84                          | 6,93                          | 925,00                   |
| 4        | 62,88                       | 6,13                  | 6,13                                 | 5,47                                                    | 5,12                          | 7,84                          | 927,00                   |
| 5        | 78,60                       | 6,13                  | 6,13                                 | 4,90                                                    | 8,13                          | 9,15                          | 947,00                   |
| 6        | 89,08                       | 6,13                  | 6,13                                 | 4,40                                                    | 9,18                          | 10,31                         | 965,00                   |
| 7        | 52,40                       | 7,00                  | 7,00                                 | 6,00                                                    | 3,21                          | 3,01                          | 968,00                   |
| 8        | 55,02                       | 7,00                  | 7,00                                 | 4,64                                                    | 3,85                          | 4,07                          | 957,00                   |
| 9        | 57,64                       | 7,00                  | 7,00                                 | 5,30                                                    | 4,07                          | 6,73                          | 963,00                   |
| 10       | 62,88                       | 7,00                  | 7,00                                 | 5,10                                                    | 4,49                          | 6,64                          | 948,00                   |
| 11       | 78,60                       | 7,00                  | 7,00                                 | 3,20                                                    | 6,44                          | 8,96                          | 971,00                   |
| 12       | 89,09                       | 7,00                  | 7,00                                 | 2,85                                                    | 8,85                          | 10,12                         | 1009,00                  |

Вибір доз реагентів, з урахуванням складу води, дозволяє досягти ефективного очищення її від сульфатів при ефективному її пом'якшенні. Отже, при комбінованому використанні 5/6 гідроксохлориду алюмінію та алюмінату натрію при вапнуванні води можна досягти високих значень ступеню пом'якшення води, очищення від сульфатів при зниженні залишкової концентрації хлоридів у воді.

#### Список посилань

1. Remeshevskaya I. Study of the Ways and Methods of Searching Water Leaks in Water Supply Networks of the Settlements of Ukraine / I. Remeshevskaya, G. Trokhymenko, N. Gurets, O. Stepova, I. Trus, V. Akhmedova // Ecol. Eng. Environ. Technol. – 2021. – № 22(4). – P.14–21.
2. Trus I., Radovenchik I., Halysh V., Skiba M., Vasylenko I., Vorobyova V., Hlushko O., Sirenko L. 2019. Innovative Approach in Creation of Integrated Technology of Desalination of Mineralized Water. Journal of Ecological Engineering. 20(8), 107–113.
3. Trus I. Engineering of low-waste technology of natural and wastewaters demineralization / I. Trus, Y. Radovenchik // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. – 2019– №7 (6B) –P.118–120.
4. Trus I. Technology of the comprehensive desalination of wastewater from mines / I. Trus, N. Gomelya, V. Halysh, I. Radovenchik, O. Stepova, O. Levytska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – №3/6 (105). – P.21–27.
5. Trus I. Desalination of mineralized waters using reagent methods / I. Trus, M. Gomelya // Journal of Chemistry and Technologies. – 2021. – №7 29(3). – P. 417-424.
6. Трус І.М. Очищення високомінералізованих шахтних вод від сульфатів при використанні вапна та металічного алюмінію / І.М. Трус, В.М. Грабітченко, А.І. Петриченко, М.Д. Гомеля // Екологічна безпека. – 2012. – № 2. – С. 77-79.
7. Gomelya M.D. Application of aluminium coagulants for the removal of sulphate from mine water // M.D. Gomelya, I.M. Trus, T.O. Shabliy // Chemistry & Chemical Technology. – 2014. – 8 (2). – P. 197-203.
8. Трус І.М. Застосування алюмінієвих коагулянтів для очищення стічних вод від сульфатів при їх пом'якшенні / І.М. Трус, В.М. Грабітченко, М.Д. Гомеля // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 6/10 (60). – С. 13-17.

УДК 621.391.81

Сатюков А.І., канд. фіз. мат. наук, доцент,

Пристапа А.Л., канд. техн. наук, доцент,

Національний університет "Чернігівська політехніка", м. Чернігів, [a.l.prystupa@gmail.com](mailto:a.l.prystupa@gmail.com)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОХОДЖЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ В СТАНДАРТІ 5G ЧЕРЕЗ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Вивчення й технічне освоєння все нових, більш короткохвильових діапазонів електромагнітних хвиль є одним з основних напрямків розвитку сучасної електроніки.

Укорочення довжини хвилі дозволяє різко підвищити швидкість передачі інформації, оскільки ця швидкість пропорційна смузі частот  $\Delta\omega$  сигналу. Зокрема розширення смуги частот в стандарті мобільного зв'язку 5G є головною причиною можливостей таких інформаційних технологій. Саме таким шляхом пішли розробники супутникового інтернету Starlink та технології мобільного зв'язку 5G.

Базовим оснащенням системи Starlink складає супутник з 4 антенами – фазованими решітками, які працюють в Ku та Ka діапазонах на частотах 11-40 ГГц [1]. Робочими діапазонами зв'язку 5G в Україні визначені частоти 3,4-3,9 ГГц та 26 ГГц [2].

Свого часу в СРСР та США були проведені масштабні дослідження по вивченню проходження радіохвиль через атмосферу Землі. Результати таких досліджень наведені зокрема в [3]. З них витікає обґрунтованість вибору частот 25-35 ГГц.

Використання мобільного зв'язку передбачає зокрема роботу в приміщеннях та будівлях. Надійність такого зв'язку у великій мірі залежить від послаблення сигналу будівельними матеріалами, які можуть бути вологими. Певна інформація з висвітлення цього питання для діапазону 3,6-3,8 ГГц. оприлюднена в [4]. Проте в літературі недостатньо уваги приділено питанню проходження радіохвиль міліметрового діапазону через такі перешкоди.

Авторами проведені експериментальні дослідження послаблення сигналу частоти 26 ГГц будівельними матеріалами, при зміні вологості до 10%.

Були обрані найбільш типові матеріали - цегла червона та силікатна, бетон, пінобетон, гіпс та гіпсокартон, керамічна плитка. В якості деревини досліджувались зразки листяних та хвойних порід. Вони розташовувались так, що їх волокна були перпендикулярними або паралельними до площини поляризації сигналу.

Результати експерименту показали, що послаблення хвиль НВЧ високочастотного діапазону 5G суттєво залежить від вологості матеріалів, через які розповсюджується НВЧ хвиля. Ефективність проходження радіохвиль через деревину окрім вологості залежить також від структури волокон (тобто породи деревини) та від взаємної орієнтації волокон та площини поляризації сигналу.

Найбільш сприятливими матеріалами для проходження радіохвиль у вказаному частотному діапазоні є сухі гіпс та деревина листяних порід (при паралельності волокон та площини поляризації сигналу). Найбільше послаблення серед сухих зразків виявлене у бетону та пінобетону.

Основне послаблення сигналів зумовлено процесами поглинання НВЧ сигналів в речовині зразків, а не відбиттям хвиль від поверхні.

Отримані результати досліджень можуть бути використані при розміщенні антен мобільного зв'язку стандарту 5G з метою зниження потужності джерел НВЧ.

### Список посилань

1. Як працює Starlink [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://finance.ua/saving/kak-rabotaet-starlink#headline\\_7](https://finance.ua/saving/kak-rabotaet-starlink#headline_7)
2. 5G в Україні [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://itc.ua/tag/5g-v-ukraine/>
3. Харвей А.Ф. Техника сверхвысоких частот / А.Ф. Харвей – М.: Советское радио, 1965 – 775с.

4. Сатюков А. Результаты экспериментальных исследований влияния влажности стеновых строительных материалов на прохождения радиоволн НВЧ диапазона / А. Сатюков, А. Приступа, В. Журко, М. Бивалькевич // Технічні науки та технології. – 2018. – № 1. – С. 252-263.

УДК 621.316

Приступа А.Л., канд. техн. наук, доцент

Кулик Б.І., канд. техн. наук

Національний університет "Чернігівська політехніка", м. Чернігів, [a.l.prystupa@gmail.com](mailto:a.l.prystupa@gmail.com)

Бондар Р.В.

АТ "Чернігівобленерго", м. Чернігів

### **АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 10/0,4 КВ АТ «ЧЕРНІГІВОБЛЕНЕРГО»**

До аналітичних методів, що широко застосовуються для боротьби з нетехнічними втратами електроенергії в АТ «Чернігівобленерго», належать:

- 1) пофідерний аналіз;
- 2) аналіз обсягів корисного відпуску по точкам комерційного обліку (ТКО) споживачів;
- 3) робота зі споживачами, що мають нульове споживання електричної енергії;
- 4) аналіз векторних діаграм струмів і напруг лічильників електроенергії.

Пофідерний аналіз дозволяє здійснити розрахунок балансу електричної енергії в розподільчій електричній мережі 10/0,4 кВ відповідно до схеми нормального режиму, з урахуванням перемикачів та корисного відпуску споживачам електричної енергії з прив'язкою до цих мереж. Таким чином, пофідерний аналіз надає змогу відділити розрахункову частину технічних втрат від нетехнічних та локалізувати нетехнічні втрати з метою більш ефективного їх пошуку та усунення.

Розробка пофідерного аналізу здійснюється у відповідності до положень ГНД 34.09.104-2003 [1].

Для проведення пофідерного аналізу на базі будь-якого програмного комплексу в першу чергу існує необхідність кодування актуальної інформації про стан мереж 10 кВ, а також прив'язки споживачів до топології мережі з урахуванням класу напруги.

Для підвищення ефективності розрахунків пофідерний аналіз доцільно інтегрувати до програмного комплексу білінгової системи побутових та непобутових споживачів. Зокрема в АТ «Чернігівобленерго» це реалізовано на базі програмного комплексу SAP IS-U, що створює можливість безперешкодного автоматизованого вивантаження інформації про обсяги споживання електричної енергії з розбивкою по ТКО до середовища, де вже існує інформація про топологію мереж та прив'язку споживачів.

Інформація про проблемні лінії регулярно надається відповідальною особою за маршрутом, передбаченим посадовою інструкцією та Порядком проведення пофідерного аналізу в мережах АТ «Чернігівобленерго», з метою подальшого належного опрацювання цієї інформації, та визначення пріоритетності та термінів реалізації заходів щодо усунення виявлених проблем.

Пофідерний аналіз є доволі ресурсномістким заходом як в частині впровадження, так і в частині підтримання інформації про топологію мереж і прив'язки споживачів в актуальному стані. Однак, він дозволяє в значній мірі знизити витрати часу на пошук втрат за допомогою сегментування мереж, та можливості сортування і фільтрації найбільш проблемних ділянок для подальшої роботи.

Аналіз обсягів корисного відпуску по ТКО споживачів базується на розумінні однотипності виробничих процесів непобутових споживачів, або приблизно однаковій енергоемності струмоприймачів, разом з орієнтовно однотипними сценаріями його використання у побутових споживачів. Обов'язковою умовою, яка має бути врахована під час аналітичного підходу, є сезонність. Отже, для успішного здійснення такого аналізу має бути забезпечена історичність споживання за період не менше 2 років.

Аналіз обсягів корисного відпуску може здійснюватися як з урахуванням результатів пофідерного аналізу, так і без нього.

Ряд напрацювань, а також вагомий практичний досвід робіт в сфері пошуку нетехнічних втрат електричної енергії, свідчить про те, що зазвичай у побутових споживачів існує певний обсяг електричного обладнання, який для виконання виробничих задач має працювати певний проміжок часу протягом розрахункового місяця.

Наприклад, в продуктовому магазині під час теплої пори року витрачається значна кількість енергії на роботу холодильного обладнання, кондиціонування приміщень, а менша – на освітлення, та інші супутні задачі. В холодну пору року зменшуються витрати на роботу холодильного обладнання, та відсутні витрати на кондиціонування, однак збільшуються витрати на освітлення, та можуть додаватися витрати на електроопалення приміщень. Таким чином, за наявності переліку електрообладнання та графіку виробничих процесів, споживання електричної енергії також має коливатися в певних межах. У разі, якщо споживання електричної енергії зменшується на 50% або більше відносно аналогічного періоду минулого року, і якщо така тенденція зберігається більше 1-го розрахункового періоду – це є вагомою причиною для здійснення позапланової технічної перевірки відповідної ТКО та аналізу обставин, за яких таке зниження відбувається.

Регулярно з'являються споживачі, які з певних причин не звітують про обсяги спожитої електричної енергії. Таким чином, навіть якщо електрична енергія в даному випадку і не викрадається, однак і до обсягів корисного відпуску вона не включається (обсяги спожитої електричної енергії накопичуються на лічильнику). Якщо будинок використовується для проживання на регулярній основі, нульове споживання електричної енергії є тривожною ознакою ймовірного порушення ПРРЕЕ [2] та/або ККОЕЕ [3], яке призводить до зростання нетехнічних втрат електричної енергії в мережах розподільчої компанії.

Аналіз векторних діаграм струмів і напруг лічильників електроенергії, а також і можливість здійснення дистанційної діагностики технічного стану цих лічильників дозволяє оцінити впливу порушень роботи лічильника на коректність обліку електроенергії ним.

До типових порушень зокрема належать:

- зникнення напруги чи струму в одній з фаз;
- зниження чи завищення рівня напруги чи струму в одній з фаз;
- неправильне чергування фаз.

Вказані порушення в роботі лічильника спотворюють дані комерційного обліку та потребують якнайшвидшого усунення персоналом зі складанням відповідного акту.

Підсумовуючи викладене можна зазначити, що існує ряд аналітичних методів при боротьбі з нетехнічними втратами електроенергії, які при їх регулярному використанні надають можливість виявити несумлінних споживачів електричної енергії, та вжити заходів щодо усунення можливих проблемних ситуацій в частині споживання та звітування за спожиту електричну енергію у відповідності до вимог ПРРЕЕ та ККОЕЕ.

Такі методи, як пофідерний аналіз, аналіз обсягів корисного відпуску, робота з нульовими споживачами, аналіз векторних діаграм струмів і напруг лічильників вже встигли зарекомендувати себе в АТ «Чернігівобленерго», як дієві заходи по боротьбі з нетехнічною складовою втрат електричної енергії в мережах.

#### Список посилань

1. ГНД 34.09.104-2003 «Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0.38-150 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних витрат електроенергії», затверджений Наказом Міністерства палива та енергетики України від 17.12.2003 № 757.
2. Правила роздрібного ринку електричної енергії, затверджені постановою НКРЕКП від 14.03.2018 №312 зі змінами.
3. Кодекс комерційного обліку електричної енергії, затверджений постановою НКРЕКП від 14.03.2018 №311 зі змінами.

УДК 623.313

Шинкаренко В.Ф., докт. техн. наук, професор

Красовський П.О., аспірант

Котлярова В.В., старший викладач

Давиденко В.В., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», м. Київ,

[ntuukafem@ukr.net](mailto:ntuukafem@ukr.net)

## ГЕНЕТИЧНІ МОДЕЛІ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ КЛАСУ ТОПОЛОГІЧНИХ МОНОГІБРИДІВ

Прогресуюча різноманітність об'єктів та комплексів гібридного типу – закономірна гілка у структурній еволюції систем різної фізичної та абстрактної природи. Гібридизація – один з найбільш поширених генетичних механізмів, який визначає структурну організацію і еволюцію складних систем на всіх рівнях їх структурної складності. Сьогодні важко знайти галузь знань, де б не використовувалися поняття гібридизації – від гібридних атомних орбіталей до гібридних галактик. Широке поширення гібридів у техніці пояснюється можливістю отримання та використання нових емерджентних властивостей, притаманних лише гібридним системам. Стрімкому розповсюдженню гібридів в технічних системах і в технологіях сприяє також тенденція зростання складності систем. Априорі можна допустити, що довільна складна технічна система в своїй структурі є гібридною.

Результатами фундаментальних досліджень, виконаних на кафедрі електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського, теоретично доведено і експериментально підтверджено, що електромеханічні перетворювачі енергії відносяться до класу генетично організованих систем (ГОС) природно-антропогенного походження, структурна організація та розвиток яких визначаються системними законами генетичної еволюції [1]. Теоретичну основу структурної організації ГОС визначають принципи збереження первинних джерел електромагнітного поля, ізоморфних поняттю біологічних хромосом. Необхідність використання хромосомного підходу до аналізу гібридних структур зумовлена наявністю детермінованого інформаційного зв'язку в послідовності генетично визначених ієрархічних рівнів організації електромеханічних структур (ЕМ-структур): «генетична класифікація (ГК) первинних джерел електромагнітного поля» → «елементно-інформаційний базис (електромагнітні хромосоми) ГК» → «структури гібридних електромеханічних об'єктів (ЕМ-об'єктів)» → «гібридні Види» → «класи гібридних ЕМ-об'єктів» [2].

Логічним підтвердженням системності принципів генетичного структуроутворення стало відкриття закону гібридизації ЕМ-структур, який визначає принципи і межі структуроутворення, таксономію, методологію синтезу та аналізу гібридних ЕМ-об'єктів на внутрішньородовому і міжродовому рівнях їх структурної організації. Закон встановлює межі існування і визначає структуру семи генетично допустимих класів гібридних ЕМ-об'єктів:

- геометричних моногібридів класу **G**;
- електромагнітних моногібридів класу **E**;
- топологічних моногібридів класу **T**;
- геометрично-топологічних дигібридів класу **GT**;
- електромагнітно-топологічних дигібридів класу **ET**;
- геометрично-електромагнітних дигібридів класу **GE**;
- класу полігібридів **GTE**.

Наявність такої закономірності відкриває можливість генетичного аналізу і розробки генетичних моделей гібридизації, для кожного з визначених законом класів гібридних об'єктів.

Топологічні моногібридні структури класу **T** є результатом внутрішньородових

схрещувань електромагнітних хромосом, які належать до однієї групи ГК і відрізняються лише за топологічною ознакою орієнтованості ( $a_3 \neq b_3$ ;  $a_1 = b_1$ ;  $a_2 = b_2$ ):

$$H_T = (a_3) \times (b_3) \subset T \quad (1)$$

Внутрішньородові схрещування обмежуються 6 Родами першого великого періоду ГК первинних джерел електромагнітного поля. Так як топологічна ознака орієнтованості  $x - y$  хромосом безпосередньо пов'язана з принципом парності первинних джерел електромагнітного поля – на хромосомному рівні, і структурами ЕМ-об'єктів-двійників – на об'єктному рівні, топологічні моногібриди також називаються двійниковими [3]. Як наслідок, домінантна ознака моногібридів класу  $T$  буде визначатися структурою ортогональних магнітних полів, які визначають вид просторового руху об'єктів-нащадків. Зазначений механізм схрещувань допускається лише в межах двох груп ГК 0.0 і 2.2 (рис. 1).

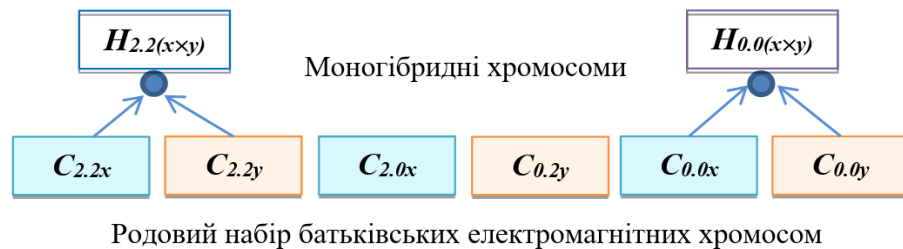


Рис. 1 – Генетична модель простору допустимих схрещувань моногібридів класу  $T$  в межах довільного Роду

В межах електромагнітно-дисиметричної групи ( $0.2y - 2.0x$ ), зазначений механізм схрещувань неможливий в силу електромагнітної нееквівалентності батьківських хромосом і їх приналежності до різних топологічних підгруп. Тому зазначена групова специфіка допускає лише моногібридний сценарій схрещувань, результати якого можна узагальнити макрогенетичною програмою структуроутворення, яка встановлює 12 допустимих комбінацій схрещувань і визначає кількісний склад відповідних Видів ЕМ-структур (табл. 1).

Таблиця 1 – Генетично допустимий склад моногібридних Видів ЕМ-структур класу  $T$  (перший великий період ГК)

| Р і д                                                    |                     |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| CL                                                       | KN                  | PL                  | TP                  | SF                  | TC                  |
| Макрогенетична програма моногібридних структур класу $T$ |                     |                     |                     |                     |                     |
| $CL0.0(x \times y)$                                      | $KN0.0(x \times y)$ | $PL0.0(x \times y)$ | $TP0.0(x \times y)$ | $SF0.0(x \times y)$ | $TC0.0(x \times y)$ |
| $CL2.2(x \times y)$                                      | $KN2.2(x \times y)$ | $PL2.2(x \times y)$ | $TP2.2(x \times y)$ | $SF2.2(x \times y)$ | $TC2.2(x \times y)$ |

Напівжирним шрифтом виділено хромосоми історично задіяних Видів.

Результати дослідження мають важливе значення для подальшого розвитку теорії еволюції генетично організованих систем, поширення технології генетичного передбачення на гібридні класи ЕМ-структур, розробки їх геносистематики, створення генетичних банків інновацій та переходу до стратегії міждисциплінарного синтезу складних технічних систем.

#### Список посилань

1. Шинкаренко, В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем / В.Ф. Шинкаренко – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с.
2. Шинкаренко В.Ф. Генетические принципы структурообразования гибридных электромеханических систем / В.Ф. Шинкаренко, Ю.В. Гайдаенко // Вісник КДУ ім. Михайла Остроградського. – 2010. – Вип. 3 (62). – Ч. 2. – С. 47 – 50.
3. Шинкаренко, В.Ф. Словник із структурної і генетичної електромеханіки / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 112 с.

УДК 623.313

Шинкаренко В.Ф., докт. техн. наук, професор

Шиманська А.А., канд. техн. наук, доцент

Красовський П.О., аспірант

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», м. Київ,

[ntuukafem@ukr.net](mailto:ntuukafem@ukr.net)

## ПРИНЦИПИ ТАКСОНОМІЇ ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Проблема визначення і упорядкування класів і об'єктів належить до однієї з самих складних і ключових завдань науки. Постановка і розв'язання таких завдань відноситься до прерогативи систематики – науки про природні принципи упорядкування інформації стосовно різноманітності відповідних об'єктів (класів), що еволюціонують. Наявність систематики розглядається як свідчення наукової зрілості відповідної галузі знань.

Результатами досліджень встановлено, що в генетично організованих системах (ГОС) функцію системної основи для розробки таксономії систематики виконують природні класифікації генетичного типу. Принципова відмінність природних класифікацій від штучних полягає в тому, що вони одночасно виступають формою подання закону природи. Функцію системного упорядкованого носія елементного базису в ГОС виконують генетичні класифікації, які становлять фундаментальну основу для побудови систематики.

Основним розділом систематики є таксономія, яку називають граматикою систематики. Таксономія (від др.-грец. τάξις – лад, порядок і νόμος – закон) є вчення про принципи і практику класифікації та систематизації складно організованих та ієрархічно співвідносних систем. Термін «таксономія» вперше (1813 р.) ввів в науку ботанік Огюстен Декандоль, один з творців природної класифікації рослин. Пізніше цей термін набув міждисциплінарного значення в загальній теорії класифікації та систематизації складних систем в різних галузях знань.

Відкриття і системний аналіз інваріантних властивостей генетичної класифікації (ГК) первинних джерел електромагнітного поля [1], яка належить до категорії природних, кардинально змінили традиційні уявлення і існуючі стереотипи щодо структурної організації складних систем і принципів побудови їх систематики. Результатами досліджень встановлено, що систематика є невід'ємною складовою ГОС, а структурно-інформаційний базис ГК виконує функцію глобальної генетичної програми електромагнітних систем. Основні таксономічні категорії систематики Роди і Види визначаються структурою малих періодів і місцеположенням первинних джерел поля (електромагнітних хромосом). Інформація стосовно родової і видової приналежності довільного електромеханічного об'єкта (ЕМ-об'єкта) має статус генетичної і відтворюється в структурі його генетичного коду. Періодична структура предметної області ГК відповідає критеріям цілісності і системності, а структурна різноманітність ЕМ-об'єктів-нащадків виконує роль фізичних носіїв генетичної інформації стосовно їх приналежності до відповідних Видів і Родів [1,2].

Відкриття закону гібридизації і визначення механізмів структуроутворення гібридних ЕМ-структур відкрило можливість розробки їх генетичної систематики. Допустимі законом гібридних ЕМ-структури визначаються загальносистемними принципами комбінаторного схрещування електромагнітних хромосом. Закон встановлює, що при схрещуванні двох довільних електромагнітних хромосом, генетичні коди яких відрізняються складовими генетичної інформації, утворюється один з семи допустимих варіантів гібридних хромосом першого покоління з генотиповим співвідношенням 3:3:1, які виконують функцію породжувальних для відповідних 7 класів гібридних ЕМ-об'єктів-нащадків: трьох класів моногібридів, трьох класів об'єктів дигібридного типу і одного класу полігібридів.

За видом складових генетичної інформації, що підлягають схрещуванню, закон

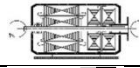
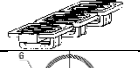
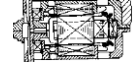
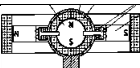
гібридизації визначає наступні 7 класів гібридних ЕМ-структур: геометричних ( $G$ ), електромагнітних ( $E$ ), топологічних ( $T$ ), геометрично-топологічних ( $GT$ ), геометрично-електромагнітних ( $GE$ ), електромагнітно-топологічних ( $ET$ ) та полігібридних ( $GTE$ ).

Невід'ємною властивістю генетичної систематики є її прогностична функція. Для довільного функціонального або таксономічного класу ЕМ-об'єктів існує детермінований інформаційний взаємозв'язок між кінцевою множиною генетично допустимих законом Видів  $S_G$  і кількістю Видів, які історично виникли в процесі еволюції  $S_F$ . Генетично допустимий склад Видів визначається за результатами генетичного аналізу макрогенетичних програм [3]. За умови наявності інформації стосовно історично задіяних Видів  $S_H$ , можна визначити кількісний склад і генетичну інформацію неявних Видів  $S_F$ , які ще відсутні на даний час еволюції і становлять результат генетичного передбачення:

$$S_F \approx (S_G - S_F) \quad (1)$$

Достовірність визначених принципів таксономії генетичної систематики гібридних класів ЕМ-об'єктів та їх відповідність реальним процесам технічної еволюції об'єктів електромеханіки підтверджена результатами постановки геномно-історичних та геномно-прогностичних еволюційних експериментів (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати генетичного і таксономічного аналізу гібридних ЕМ-об'єктів, виявлених за даними еволюційних експериментів (фрагмент бази даних)

| Клас гібридних ЕМ-об'єктів            | Таксономічний статус гібридних об'єктів в технічній еволюції ЕМПЕ |                                |                                                                                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | Родова приналежність батьківських хромосом                        | Генетичний код гібридного Виду | Структурний представник (приклад)                                                     |
| <b>М о н о г і б р и д и</b>          |                                                                   |                                |                                                                                       |
| Геометричні (просторові) <b>G</b>     | Міжродові (CL, TP)                                                | $(CL \times TP)0.2y$           |  |
| Електромагнітні <b>E</b>              | Внутрішньородові (PL)                                             | $PL(2.2 \times 2.0)x$          |  |
| Топологічні (двійникові) <b>T</b>     | Внутрішньородові (CL)                                             | $CL2.2(y \times x)$            |  |
| <b>Д и г і б р и д и</b>              |                                                                   |                                |                                                                                       |
| Геометрично-електромагнітні <b>GE</b> | Міжродові (TP, CL)                                                | $(TP0.0 \times CL0.2)y$        |  |
| Електромагнітно-топологічні <b>ET</b> | Внутрішньородові (CL)                                             | $CL(0.2y \times 2.0x)$         |  |
| Геометрично-топологічні <b>GT</b>     | Міжродові (CL, PL)                                                | $2.2(2CLy \times PLx)$         |  |
| <b>П о л і г і б р и д и</b>          |                                                                   |                                |                                                                                       |
| Полігібриди <b>GTE</b>                | Міжродові, генетично віддалені (CL, SF)                           | $(CL0.2y) \times (SF2.0x)$     |  |

#### Список посилань

1. Шинкаренко В. Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем / В.Ф. Шинкаренко – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с.
2. Августинович А.А. Теоретичні засади створення генетичної систематики електричних машин: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.09.01 / Августинович Анна Анатоліївна; НАН України, Інститут електродинаміки. – К., 2008. – 20 с.
3. Шинкаренко, В.Ф. Результаты расшифровки и анализа макрогенетических программ гибридных электромеханических объектов / В.Ф. Шинкаренко, Ю.В. Гайдаенко // Электротехнические и компьютерные системы. – 2014. – № 14. – С. 28 – 38.

УДК 550.3

**Ігнатишин В.В., канд. фіз.-мат. наук, стар. наук. співробітник**

Відділ сейсмічності Карпатського регіону, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН  
України, м. Львів, [rgstrs1962@i.ua](mailto:rgstrs1962@i.ua)

доцент Закарпатського угорського інституту ім. Ференца Ракоці II

**Ігнатишин А.В., інженер II категорії**

[Adalbert\\_Ihnatisin@i.ua](mailto:Adalbert_Ihnatisin@i.ua)

**Ігнатишин М.Б., пров. інженер**

[sitkomonika@i.ua](mailto:sitkomonika@i.ua)

**Вербицький С.Т., канд. фіз.-мат. наук, пров. наук. співробітник**

Відділ сейсмічності Карпатського регіону, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН  
України, м. Львів, [sergever@gmail.com](mailto:sergever@gmail.com)

**Іжак Т.Й., канд. географ. наук, доцент**

Закарпатського угорського інституту ім. Ференца Ракоці II, [izsak.tibor@kmf.org.ua](mailto:izsak.tibor@kmf.org.ua)

## **СЕЙСМІЧНИЙ СТАН ЗАКАРПАТТЯ: ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ МІСЦЕВОЇ СЕЙСМІЧНОСТІ ЗА 2021 РІК**

Актуальність дослідження сейсмічного аспекту екологічного стану Закарпатського внутрішнього прогину викликана активізацією сейсмічності регіону. На території Закарпаття тривалий час проводиться вивчення сейсмотектонічних процесів: сучасних рухів кори та просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності. Важливість побудови графіків прояву місцевої сейсмічності в плані вивчення зв'язків сейсмічності та геодинаміки регіону, впливу на місцеву сейсмічність факторів завад, зокрема метеорологічного, гідрогеологічного, аерофізичного та астрофізичного характеру. Дослідження сейсмічності регіону також важливе при вивченні періодичностей прояву місцевих землетрусів, їх енергетичних характеристик, виявлення періодів затишшя та сейсмічної активізації. Інформація про динамічні параметри верхніх осадових шарів під сейсмостанціями Карпатського геодинамічного полігону дозволяє більш точно інтерпретувати події, зареєстровані цими станціями [1]. Запропоновано метод корисний в регіонах з невисоким рівнем сейсмічної активності і недостатньою кількістю сейсмічних станцій [2]. Запропоновано алгоритми, які можуть бути застосовані при автоматичній обробці сейсмічної інформації, прогнозі сейсмічної небезпеки, що передбачає пряме оперативне втручання сейсмологічних служб в оцінку сейсмічної небезпеки [3]. Виявлено характерні особливості сейсмо-деформаційних сигналів при вибухах, відпрацьовано методику їх аналізу, вказано на необхідності досліджувати фундаментально-прикладні проблеми [4]. У сучасний період стан тангенціального стиснення в Карпатах зберігається, про що свідчать поля стиснення за тектонофізичними і сейсмологічними даними [5]. Показано результати роботи автоматизованої підсистеми обробки та аналізу мережі сейсмічних спостережень Карпатського регіону [6]. Розглянуто гідрогеологічні та метеорологічні аспекти геодинамічного стану геологічних структур Закарпаття [7,8]. Досліджено аерофізичні параметри та дослідження екологічного стану Закарпатського внутрішнього прогину [9]. Важливість вивчення просторово-часового розподілу сейсмічності Закарпатського внутрішнього прогину при дослідженні геодинамічного стану регіону [10].

Інформацію про сейсмічність регіону отримано із результатів сейсмологічних спостережень, що проводяться на теренах Закарпатського внутрішнього прогину установами НАН України: Відділом сейсмічності Карпатського регіону та Карпатським відділенням Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. На території України функціонують режимні геофізичні станції, сейсмологічні станції, деформометричні станції, розташовані по всій території, найбільша концентрація їх знаходиться в

Закарпатті. Сейсмічний режим контролюється сейсмічними станціями DAS-03-5. Проведено аналіз просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності за 2021 рік в місячному інтервалі, оскільки така методологія виявилася ефективною. Представлено просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності в Закарпатському внутрішньому прогині за 2021 рік.

На протязі досліджуваного періоду місцева сейсмічність в основному рівномірно розподілена в часовому інтервалі. Виділяються інтервали часу тривалістю до 10 діб, коли настає сейсмічне затишшя. За період з січня по серпень 2021 року на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 117 місцевих землетрусів, така частота місцевих землетрусів характерна для даного регіону за останні періоди дослідження. Проте на відміну від останніх п'яти років, почали реєструвати відчутні місцеві землетруси, що свідчить про активізацію сейсмотектонічних процесів в регіоні.

#### Список посилань

1. Kuplevskiy, V.Y., & Brych, T.B. (2018). Порівняння спектральних характеристик приповерхневих шарів під сейсмічними станціями «Тросник», «Ужгород», «Міжгір'я», розрахованих методом скінченних елементів, з експериментальними. *Geophysical Journal*, 40(6), 115–126.
2. Malysky, D.V., Gnyr, A.R., Hrytsai, O.D., Astashkina, O.A., & Parfeniuk, A.Y. (2018). Визначення параметрів вогнища за хвильовими формами малих землетрусів у Карпатському регіоні України. *Geophysical Journal*, 40(6), 136–149.
3. Lazarenko, M.A., Gerasimenko, O.A., Ostapchuk, N.M., & Shipko, N.L. (2019). Нейромережева оцінка параметрів локалізації і магнітуди джерел землетрусів за початковими ділянками записи сейсмічного сигналу. *Geophysical Journal*, 41(1), 200–214.
4. Shliakhoviy, V.P., Shiyani, R.V., & Shliakhoviy, R.V. (2019). Дослідження Полтавських сейсмоприпливних записів в період подій-вибухів в Балаклії і Калинівці. *Geophysical Journal*, 41(1), 215–230. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158876>
5. Murovska, A.V., Amashukeli, T.A., & Alyokhin, V. (2019). Поля напружень і деформаційні режими в межах української частини Східних Карпат за тектонофізичними даними. *Geophysical Journal*, 41(2), 84–98.
6. Verbytskyi, S.T., Verbytskyi, Y.T., Stetskiy, O.T., & Nischimenko, I.M. (2019). Автоматизована підсистема обробки та аналізу даних сейсмічних спостережень Карпатського регіону. *Geophysical Journal*, 41(2), 171–181.
7. Ігнатишин В.В. Дослідження гідрогеологічного аспекту сейсмотектонічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині. Географія в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка: 85 років – досягнення та перспективи (GTSNU): матеріали міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 85 річчю географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Київ, 30-31 березня 2018 р. / гол.ред.колегії Я.Б. Олійник; КНУ імені Тараса Шевченка – К.: Прінт-Сервіс, 2018. – С.265-269. ISBN 978-617-7069-75-8.
8. Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин В.В. Метеорологічні аспекти геодинамічного стану геологічних структур Закарпаття. Регіон-2018. суспільно-географічні аспекти: матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців (м.Харків, 3-4 квітня 2018 р.) / Гол.ред.колегії Л.М. Немець – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2018. – С. 191-194. ISBN 98-966-285-482-4.
9. Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В. Аерофізичні параметри та дослідження екологічного стану Закарпатського внутрішнього прогину. Наука. Освіта. Молодь. Умань-2018: матеріали XI Всеукраїнської наукової конференції молодих науковців та студентів (м.Умань, 26 квітня 2018 року) в 2-х ч. Ч.1 / ред.кол.: В.В. Сокирська (гол.ред.), А.І.Мельник, О.А.Смерецька – Умань: ВПЦ „Візаві“, 2018. – С. 179-182.
10. Ігнатишин В.В. Просторово-часовий розподіл сейсмічності Закарпатського внутрішнього прогину. Матеріали Міжнародної наукової конференції, „Географічна наука та освіта: від констатації та конструктивізму, 28-29 вересня 2018 року м. Київ, Україна. Присвячена 100-річчю Національної академії наук України. Зб. наук. праць. – К., 2018. – С. 76-78.

УДК 661.152.4

Радченко О.І., студентка,

Ярова Т.Ю., студентка,

Вакал В.С., канд. техн. наук,

Зеленський А.М., наук. співробітник,

Вакал С.В., докт. техн. наук, гол. наук. співробітник,

Науково-дослідний інститут мінеральних добрив і пігментів Сумського державного університету, [vsvakal@gmail.com](mailto:vsvakal@gmail.com)

## ПІДВИЩЕННЯ ПОЖИВНОЇ ЦІННОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Глобальні кліматичні зміни, які відбуваються в світі, вже призводять до необхідності перегляду підходів до функціонування аграрного сектору в Україні, а також номенклатури туків, що можуть забезпечити стаке вирощування сільськогосподарських культур. Широке застосування традиційних азотних добрив у даний час не в повній мірі задовольняє агровиробників у зв'язку з можливим накопиченням нітратів у рослинах та суттєвими втратами азоту в довкілля. Одним із варіантів підвищення коефіцієнту використання азоту добрив стало уповільнення їх розчинності шляхом капсулювання інертними і поживними речовинами. Водночас збільшення посушливих днів у період вегетації рослин не дозволяє розкрити потенціал капсульованих добрив пролонгованої дії, що веде до суттєвих втрат врожаю і економічних збитків. Тому нагальною потребою сьогодення є розробка рецептур добрив, що дозволяють посилити механічну міцність рослин, забезпечити їх стійкість до різноманітних негативних факторів.

Вивчення такої осадової гірської породи як діатоміт, що містить до 70–98 % розчинного кремнезему, стосовно його застосування при вирощуванні сільськогосподарських культур показало, що наявність кремнію в рослинах сприяє кращому обміну в тканинах азоту та фосфору, підвищує споживання бору й інших мікроелементів, зміцнює стінки клітин і має в цілому антистресовий ефект. Слід додати, що подрібнений діатоміт знаходить самостійне застосування як натуральний біоінсектицид. Внаслідок цього з'являється можливість підвищити обмінні процеси в рослинах та знизити ризики їх фізіологічних депресій шляхом введення його в рецептуру добрива. Мікроскопічні дослідження порошку діатоміту, виконані на скануючому мікроскопі, показали, що розмір окремих частинок складає не більше 20 мкм і основна їх кількість має пористу структуру з розміром чарунок не більше 600 нм. Лабораторні технологічні дослідження з розробки рецептури і одержання капсульованих пріл карбаміду з фосфатовмісною оболонкою з введенням до складу оболонки незначної кількості діатоміту дозволили одержати добриво пролонгованої дії з підвищеними агрохімічним і екологічним ефектами. Досліди з агломерації суміші порошку фосфату і діатоміту на поверхні пріл сечовини проводили на тарілчастому грануляторі з застосуванням водного розчину калієвмісного пластифікатору. Фізико-хімічний аналіз одержаних капсульованих гранул пролонгованої дії показує вміст азоту 22 %, фосфору 7,0 %, кремнію 5,5 % та статичну міцність 1,7 МПа. Саме незначний розмір частинок діатоміту дозволяє одержати щільну пористу структуру покриття пріл сечовини, яка дає можливість не тільки уповільнити розчинність ядра, а й накопичувати і зберігати вологу і водні розчини поживних речовин гранули. Наявність розчинного кремнезему в складі гранули позитивно впливає на розвиток і ріст рослин та підвищує їх врожайність і якість продукції. Застосування пролонгованих азотно-фосфорних добрив із добавкою кремнію також у певній мірі запобігає поляганню рослин та підвищує їх стійкість у посушливий період вегетації. Додатковим екологічним ефектом кремнієвмісних добрив є зниження токсичності надлишкових кількостей важких металів в сільськогосподарській продукції.

УДК 543.3

Яковенко М. І., студентка,  
Шабатура О. В., канд. геолог. наук, доцент,  
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ, [dard@ukr.net](mailto:dard@ukr.net)

### ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА РАДОНУ У ВІДКРИТИХ ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛАХ БІЛОЦЕРКІВСЬКОГО РОДОВИЩА

Підземні і, значно меншою мірою, поверхневі води зазвичай містять різноманітні похідні радіоізотопи рядів урану-238, актиноурану, торію, а також деякі з 31 радіоізотопу 24-х хімічних елементів, що не входять до родин урану або торію. Одним з найбільш часто досліджуваних природних радіонуклідів є  $^{222}\text{Rn}$ , оскільки він забезпечує найвищий рівень дози опромінення для людини при його вдиханні з повітрям та надходженні через питну воду.

Згідно архівних даних, у 1957-59 рр. у межах міста пробурені перші п'ять свердловин, які підтвердили наявність радону у воді (вміст становив 50-130 еман; 1 еман =  $3,7 \cdot 10^3$  Бк/м<sup>3</sup>). 33 свердловини, пробурені під час гідрогеологічних досліджень, відносилися за хімічним складом до гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого типу; за вмістом радону – до категорії «слаборадонові води» [1,3].

Об'єктом дослідження є води природних джерел м. Білої Церкви. У роботі досліджувались доступні для водовідбору джерела радонових вод м. Білої Церкви, які приурочені виключно до кристалічних порід фундаменту Українського щита, які басейні р. Рось виходять на денну поверхню.

В ході роботи були проведені гідрогеологічні маршрути вздовж правого та лівого берегів р. Рось, описано 9 свердловин радонових вод, оцінено їх екологічний стан, здійснено хімічний аналіз проб.

Із метою виявлення змін у складі води порівнювали результати хімічних досліджень 2018 та 1959 рр. Проведено аналіз отриманих результатів, побудовані формули Курлова для проб (табл. 1). Встановлено, що у 1959 р. вода із джерела №47 була представлена гідрокарбонатно-магній-кальцієвою водою, у 2018 році відповідно проба має дещо змінений хімічний склад і представлена гідрокарбонат-кальцієвою водою. Вода із джерела «Лев» відповідно через майже 60 років теж у хімічному складі зазнала змін. У 1959 році проба була представлена гідрокарбонат-кальцієвою водою, у 2018 році проба представлена гідрокарбонат-магнієво-кальцієвою водою.

Таблиця 1 – Таблиця з отриманих даних хімічного аналізу 2018 р. для побудови формули Курлова, з метою інтегральної оцінки та визначення складу води для Джерела «Лев»

|                                                                      |                   |        |            |           |  |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|------------|-----------|--|
|                                                                      | Джерело №47, 2018 |        |            |           |  |
| Хімічний склад                                                       | Еквівалентна вага | Вміст  |            |           |  |
|                                                                      |                   | мг/дм3 | мг-екв/дм3 | %-екв/дм3 |  |
| АНІОНИ                                                               |                   |        |            |           |  |
| HCO3-                                                                | 61,018            | 567,3  | 9,297      | 54,28     |  |
| Cl-                                                                  | 35,475            | 129,7  | 3,656      | 21,35     |  |
| SO4--                                                                | 48,08             | 112,3  | 2,336      | 13,64     |  |
| NO3-                                                                 | 62,008            | 114    | 1,838      | 10,73     |  |
|                                                                      |                   |        | 17,128     | 100,000   |  |
| КАТІОНИ                                                              |                   |        |            |           |  |
| Ca++                                                                 | 20,04             | 172    | 8,583      | 70,08     |  |
| Mg++                                                                 | 12,16             | 9,7    | 0,798      | 6,51      |  |
| K+ + Na+                                                             | 62,093            | 178    | 2,867      | 23,41     |  |
|                                                                      |                   |        | 12,247     | 100,000   |  |
| M1,021 $\frac{HCO354,28 Cl21,35 SO413,64}{Ca70,08 K+Na23,41}$ pH7,16 |                   |        |            |           |  |
| гідрокарбонатно-кальцієва вода                                       |                   |        |            |           |  |

Також було встановлено, що у показниках мінералізації води, та у показниках рН у пробах із двох джерел простежуються зміни. Води стали більш лужними та мають значно вищу мінералізацію у порівнянні із 1959 роком.

Для інтегральної та цілісної оцінки коливань радону у воді, та з'ясуванні залежності його концентрації від температури та інших умов середовища, було відібрано повторно проби восени 2021 р. із відповідних джерел, що й попереднього разу. Отримуванні дані ми вносили до відповідної таблиці (табл. 2) у якій були проведені розрахунки.

Таблиця 2 – Проведенні розрахунки для визначення концентрації радону у пробах відібраних восени 2021 р.

| вимір      |                                  | тривалість виміру, хв | кількість імпульсів | об'єм проби, см <sup>3</sup> | кількість імпульсів коригована за фон | Ук/л         | Q, Бк/л  | Qф, Бк/л | час між відбором проби і вимірюванням |
|------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------------------|--------------|----------|----------|---------------------------------------|
| фон        | повітря                          | 10                    | 11                  |                              |                                       |              |          |          |                                       |
| фон        | водопровідна вода                | 10                    | 10                  |                              |                                       |              |          |          |                                       |
| проба води | Джерело №47                      | 10                    | 27                  | 126                          | 21                                    | 3,96825<br>4 | 179,8242 |          |                                       |
| проба води | Джерело №47                      | 10                    | 42                  | 126                          | 30                                    | 3,96825<br>4 | 256,8917 |          |                                       |
| проба води | Джерело №47                      | 10                    | 24                  | 126                          | 6                                     | 3,96825<br>4 | 51,37833 | 228      | 2679                                  |
| фон        | повітря                          | 10                    | 33                  |                              |                                       |              |          |          |                                       |
| проба води | Джерело «Лев»                    | 10                    | 34                  | 132                          | 2                                     | 3,78787<br>9 | 16,39379 |          |                                       |
| проба води | №1 Джерело «Лев»                 | 10                    | 31                  | 132                          | 0                                     | 3,78787<br>9 | 0        | 23       | 2700                                  |
| фон        | повітря                          | 10                    | 31                  |                              |                                       |              |          |          |                                       |
| проба води | №3 (бальнеологічна лікувальниця) | 10                    | 39                  | 143                          | 11                                    | 3,49650<br>3 | 83,65942 |          |                                       |
| проба води | №3 (бальнеологічна лікувальниця) | 10                    | 36                  | 143                          | 11                                    | 3,49650<br>3 | 83,65942 |          |                                       |
| проба води | №3 (бальнеологічна лікувальниця) | 10                    | 28                  | 143                          | 6                                     | 3,49650<br>3 | 45,63241 | 92       | 2040                                  |
| фон        | повітря                          | 10                    | 20                  |                              |                                       |              |          |          |                                       |

Перш за все для визначення концентрації була виведена наступна формула:

$$Q_p = \left( Q \left( \alpha + \frac{V_k}{V_p} \right) - Q_f \right) * \exp^{\lambda t} \quad (1)$$

де  $Q = A_k * N_i$  ( $A_k = 2,03 \text{ Бк} \cdot \text{с}^{-1}$  (для 10 хв експоненти), відповідно  $N_i$  – кількість імпульсів;

$V_k = 500 \text{ см}^3$  – об'єм вимірювальної камери радіометра;

$V_{п1} = 132$ ,  $V_{п2} = 126$ ,  $V_{п3} = 143$  – об'єми взятих проби у  $\text{см}^3$ ;

$\alpha = 0,25$  – кількість випромінювання;

$\lambda = 0,000126 \text{ хв}^{-1}$  – швидкість розпаду часток;

$t$  – час між відбором проби та проведенням вимірювання.

Оскільки у камері приладу накопичується радон і продукти його розпаду. Тому між визначеннями кількості імпульсів проби мали два визначення імпульсів фону. У формулу нами було введено концентрацію фону  $Q_f$ , тобто значення, які припали на нього, і які відповідно ми мали прибрати для отримання точних результатів. Тож за 59 років із часу відкриття значно зменшилася і станом на 2018 р. становила у Джерелі «Лев» - 44 Бк/л (тоді, як у 1959 р. - 333-1543 Бк/л), у бальнеологічній лікувальниці - 44 Бк/л (тоді, як у 1959 р. - 296 Бк/л), у Джерелі №47 навпаки спостерігаємо підвищення показника вмісту радону у воді - 208 Бк/л (тоді, як у 1959 р. – 199,8 Бк/л). А останні наші порівняння 2018 та 2021 роки, показали дивну тенденцію, у одному джерелі спостерігаємо невеличке збільшення із 208

Бк/л до 228 Бк/л (Джерело №47), тоді як у двох інших простежується попередній тренд зменшення концентрації радону у Джерелі «Лев» концентрація зменшується із 44 Бк/л до 23 Бк/л та у бальнеологічній лікарні вміст радону із 140 Бк/л до 92 Бк/л (Додаток Н-3). Зміни/коливання концентрації радону із 2018 по 2021 р. можна пов'язати із неотектонічними рухами, які зазнає дана територія, а збільшення радону у воді скоріш має сезонний характер і відповідає припущенню, збільшення розчинності радону у воді, зі зменшенням її температури, а також зменшенням швидкості потоку підземної води. Тоді як зміни за більш як 60 років скоріш за все можуть бути пов'язані із помітним зменшенням рівня води, що відповідно зменшує площу контакту води із джерелом надходження до неї радону, тобто гранітними породами Українського щита, які відслонюються на даній території. Отже просторовий розподіл  $^{222}\text{Rn}$  в регіоні, значною мірою пов'язаний з літологічними характеристиками рельєфу досліджуваної території [2].

Була простежена та підтверджена закономірність, що джерела, у яких спостерігаються вищі показники вмісту катіонів  $\text{Na}^+$  та  $\text{Cl}^-$ , мають значно більші концентрації вмісту радону.

#### Список посилань

1. Безвинний В.П. Державна геологічна карта України, масштаб 1:200 00, аркуші "Біла Церква" / В.П. Безвинний, М.М. Циба – Київ: "Умань", 2006. – 163 с.
2. Вижва С.А. Радоновый контроль измерения / С.А. Вижва, О.Д. Гавриленко, І.І. Шабатура та ін. – Алматы, 2014. – 40 с.
3. Клыков А.Г. Отчет о результатах геологических работ, проведенных Правобережной геологической экспедицией в 1959-1962 гг. на Белоцерковском месторождении минеральных вод / А.Г. Клыков, Ж.П. Жданова, 1962.

УДК 504.06

**Чоботко І.І., провідний інженер**

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро,  
[efilonov79@gmail.com](mailto:efilonov79@gmail.com)

### ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ЗА СТАНОМ ГОРІННЯ ВІДХОДІВ ВУГЛЕВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

За даними Інтернет-ресурсу [1] Україна за геологічними запасами викопного вугілля займає перше місце в Європі і восьме у світі. Тільки один Донецький басейн займає площу 60 тис. км<sup>2</sup> і охоплює території Дніпропетровської, Донецької та Луганської областей. Запаси вугілля до глибини 1800 м становлять 140,8 млрд. тонн. Вугілля у цьому регіоні має 300-річну історію безперервного видобутку, побічним продуктом якого є утворення конічних відвалів вуглевмісних порід – териконів. За даними обласних управлінь екології, на території Луганської та Донецької областей налічується відповідно 537 та 597 відходів вугледобувних підприємств загальним об'ємом понад 1 млрд м<sup>3</sup>. Вони мають висоту 30 – 100 м і більше, кут відкосу до 40°, займають площу від 2 до 10 га, а разом – понад 5 500 га. Проте набагато більшою є площа земель, що є порушеними і забрудненими за час будівництва й експлуатації шахтних комплексів. А якщо врахувати, що і у Західному Донбасі (східна частина Дніпровської області) налічується 12 шахт, у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні налічується 14 діючих шахт та 55 відвалів, то масштаби техногенного впливу вражають.

Зокрема слід виділити дві екологоорієнтовані технології контролю:

– термографічна зйомка термічних зон температурних концентраторів відходів вугледобувних підприємств (породних відвалів) за допомогою тепловізорного обладнання. Найбільш добре зарекомендували себе тепловізори американської фірми ANT (American Network Technologies Corp), які є пило-вологозахисні та мають широкі спектри

температурного діапазону. Термографічна зйомка проводиться щорічно для з'ясування термічного стану відходів з метою складання температурного паспорту відходів вігільних підприємств, визначення теплових зон з найбільшою температурою горіння. Зазначемо, що відходи вігільних підприємств (породні відвали) рахуються палаючими, якщо температура є 80°C й вище [2];

– в роботі [3] гасіння відходів вуглевидобувних підприємств, що горять, проводиться переформуванням їх у відвали плоскої форми або промудненням поверхневого шару порід. гасіння плоских відвалів, що горять, здійснюється промудненням поверхневого шару порід або зрізанням укосів у верхній частині відвалу. Технологія гасіння відходів вуглевидобувних підприємств, що горять, полягає в переформуванням їх у відвали плоскої форми включає в себе змивання порід з їх вершини гідромонітором, зниження висоти відходів переміщенням попередньо охолоджених порід під укис, охолодження інших порід через верхній горизонтальний майданчик. Якщо вершина відвалу складена розпеченими породами та такими, що горять, то їх перед змиванням додатково охолоджують зрошенням водою до температури 150°C на глибину 2,5–3,0 м; витрати води при цьому приймаються не менше як 300 л на 1м<sup>2</sup> поверхні відвалу. Змивання порід здійснюється гідромонітором із дистанційним управлінням, який встановлюється безпосередньо біля вершини терикона.

Вершина розмивається шарами товщиною не більшою як 2,5 м до зниження висоти відвалу на 5–10 м. Зниження відвалу здійснюється горизонтальними шарами шляхом переміщення породи під укис бульдозером (екскаватором). Улаштування початкового в'їзду дозволяється лише по хвостовій частині терикона. Порода кожного з горизонтальних шарів перед переміщенням під укис охолоджується до температури 80°C. Витрата води складає в середньому 1500 л/м<sup>3</sup> нагрітої породи.

Технологія використовується під час гасіння відходів вуглевидобувних підприємств до 40 м, які не схильні до інтенсивного горіння. Ін'єктування води, глинистої пульпи, розчину (суспензії) антипірогену у поверхневий шар здійснюється у напрямі від хвостової частини терикона до лобової. Гасіння осередків горіння здійснюється у напрямі від їхньої периферії до центру. Встановлення ін'єкторів у центрі осередку або в зоні горіння не дозволяється. Ін'єктори розміщуються по сітці 2х2 або 3х3 м та забиваються у відвал на глибину 1,8–2,0 м. Ізоляція нижньої пористої частини териконів і хребтоподібних відвалів здійснюється шляхом ущільнення породою дрібних класів, що змивається струменем глинистої пульпи (суспензії) з їх гребеня [4].

Враховуючи вищезазначені технології можна дійти висновку, що існують дієві технології контролю за станом горіння відходів вугільних підприємств. Однак слід зазначити, що не завжди ці технології використовуються у зв'язку зі значним браком коштів на утримання заходів й використання обладнання для контролю за станом горіння відходів вугільних підприємств.

#### Список посилань

1. Малова Марина. Як зробити небезпечні терикони безпечними? 21.11.2020 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://neiau.org/2384-2/>
2. Чоботько І.І. Моніторинг теплового стану породних відвалів / І.І. Чоботько, С.В. Тинина // Журн. «Гірничий вісник» Криворізького національного університету. – 2019. – №106. – С. 9-13.
3. Попович В.В. Горіння териконів як ландшафтно-трансформуючий чинник зростання регіональної екологічної небезпеки / В.В. Попович, В.Ф. Піндер // Збірник наукових праць «Пожежна безпека». – 2016. – №29. – С. 116-124.
4. НПАОП 10.0-5.21-04 «Інструкція із запобігання самозапалюванню, гасіння та розбирання породних відвалів» (до п. 8.5.6 «Правила безпеки у вугільних шахтах»).

УДК 697.1 697.27

Виноградов-Салтиков В.А., канд. техн. наук, доцент

Ряго В.В., магістр

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ,

[bcbactn@ukr.net](mailto:bcbactn@ukr.net)

## ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

За останні роки зі значним подорожчанням енергоносіїв було впроваджено як перший захід зниження їх енергоспоживання, яке на сам перед використовується в системах опалення будівель та споруд. Однак в Україні близько 70 тис. бюджетних закладів, 80 тис. багатоповерхівок, 6,5 млн приватних домогосподарств мають вдвічі менший за нормативний термічний опір теплопередачі та потребують термомодернізації. За оцінкою експертів для термомодернізації всіх цих будівель потрібно щонайменше 50 млрд доларів. Приведення існуючих будівель лише до мінімальних сучасних вимог по утепленню та вимогам до інженерних систем, мають потенціал заощадження на опаленні до 70%. А потенціал скорочення споживання газу може становити 8 млрд м<sup>3</sup>.

Значні за розміром із світлопрозорими конструкціями корпуси навчальних закладів страждають в першу чергу при такій «економії» теплоспоживання. Зменшення опалення до мінімального рівня на період відсутності студентів або взагалі його відключення, набуло найбільшого поширення в цьому «енергозбереженні». За вимірювання температури до карантинних часів та в попередні часи в аудиторіях температура тільки на в кінці занять наближалась до 16...18°C. Найбільш холодними - нижче комфортної температури залишались зовнішні стіни та світлопрозорі конструкції. До таких аудиторій відноситься більшість лекційних аудиторій та загалом учбових аудиторій КПІ, крім цього існують зали бібліотеки, зали Політехнічного музею, корпус якого було обрано для дослідження.

Для проведення термомодернізації попередньо потрібно розглянути практику, яка має місце у європейських країнах: енергоменеджмент, енергосервіс, механізми державного фінансування енергоефективних заходів, пільгового кредитування робіт тощо.

Порядок та доцільність етапів термомодернізації потребує цільового обговорення і розгляду тільки після виконання енергоаудиту. Також здійснювати окремі заходи, які є вкрай доцільними та необхідними, після зменшення об'ємів теплопостачання в очікуванні фінансування основних напрямків термомодернізації, на наш погляд, робити це потрібно вкрай обачно.

Для оцінки впровадження сучасних заходів з енергозбереження було проведено моделювання теплотехнічного стану будівлі в програмному середовищі RETScreen, яке дозволило розглянути конструкцію і орієнтацію будівлі з тепловими та електричними інженерними мережами, та запропонувати декілька варіантів покращень з повним описом таких важливих показників як економічність, екологічність та енергоефективність. Програма дозволяє вираховувати динамічний термін окупності заходів з енергозбереження.

Попередньо в програмному середовищі DesignBuilder було створено фактичну (actual) модель будівлі навчального корпусу з реальними характеристиками її інженерних систем, огорожувальних конструкцій та умов експлуатації (жодна з огорожувальних конструкцій не відповідає вимогам будівельних нормативів, відсутня механічна вентиляція). Джерелом кліматичної інформації слугував міжнародний кліматичний файл погоди IWEC з годинним кроком дискретизації даних для м. Київ.

Розроблену модель було модифіковано під фактичний (actual), базовий (baseline), запропонований (proposed) варіанти. Було побудовано тривимірну модель будівлі корпусу №6 Державного політехнічного музею КПІ ім. Ігоря Сікорського та задано всі фактичні характеристики її теплофізичних властивостей. Будівлю було розділено на окремі зони, теплофізичні параметри всередині яких суттєво не відрізняються.

### Проектування альтернативних джерел енергії

1. Встановлення фотоелектричної системи, розглянуто в програмному середовищі PVSol Premium – пропонується на даху освітнього закладу, встановити фотоелектричну систему, яка задовольнятиме частину енергопотреби корпусу. Пропонується розмістити 172 модулів.

2. Встановлення сонячного колектора – для створення санітарно-гігієнічних умов для співробітників музею та поновлення гарячого водопостачання пропонується розмістити 20 колекторів, під'єднаних до баку-акумулятору, який, у свою чергу, контактує з мережею централізованого водопостачання. Колектори розташовані на південній половині скатного даху під кутом  $30^\circ$  до горизонту.

### Дослідження можливого додаткового автономного опалення великої зали музею

За дослідженнями стану в приміщенні великої виставкової зали температурний режим не відповідає вимогам стандартів та вимагає додаткових джерел підтримання температурних та вологісного режимів в приміщенні музею. Одним із можливих заходів є автономний електричний обігрів за рахунок обігрівачів UFO, керамічних електропанелей та нагріву скла вікон. Даний нагрів може бути здійснений періодично нетривалий час: під час екскурсій та виставкових заходів; для зменшення вологості в приміщенні тощо - для створення комфортних умов для відвідувачів та збереження експонатів.

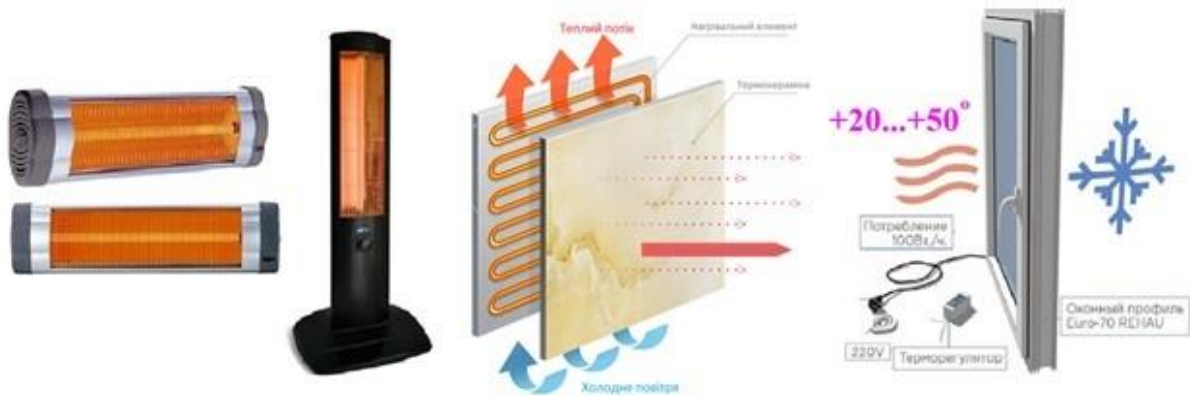


Рис. 1 – Обігрівачі UFO, керамопанель, скло з м'яким напиленням та нагрівом

Було розглянуто додаткове електроспоживання, яке для виставкової зали за умов додаткового нагріву інфрачервоними обігрівачами на  $6...10...20\text{ K}$ , яка склала за розрахунками фірм виробників, відповідно  $30...60...98\text{ кВт/год}$ , із розрахунку  $50...100\text{ Вт на м}^2$ . Скло з нагрівом до температури  $20...30\text{ }^\circ\text{C}$  за площею скління має споживання на рівні  $12...25\text{ кВт/год}$ . Для впровадження даних заходів доцільно розглянути саме альтернативні джерела енергії.

### Висновки.

Під час виконання енергетичного обстеження було розглянуто та проаналізовано усі діючі енергетичні системи будівлі, їх поточний стан та параметри. Було виконано енергетичне моделювання навчальної частини корпусу №6 в програмних середовищах RETScreen, DesignBuilder. Виконано проектування альтернативних джерел енергії в програмних середовищах PV-Sol та TS-Sol. Розроблено технічні рекомендації з підвищення класу енергоефективності корпусу №6. Досліджено можливого додаткового автономного опалення в корпусі №6, як один з альтернативних варіантів підігріву приміщень в зимовий період.

Моделювання в програмному середовищі DesignBuilder дозволило розглянути всі можливі реальні аспекти енергоспоживання за умов експлуатації та погодних умов у вигляді тривимірної моделі за якими можна визначити рішення відносно теплоспоживання, яке можливо знизити на  $36,5\%$ .

Загальна економія від впровадження розглянутих заходів у грошовому еквіваленті складатиме  $290\text{ тис. грн. за рік}$ , в системі електропостачання складатиме  $80\text{ тис. грн. за рік}$ .

УДК 621.313.333.1: 62–83

Денисов О. І., докт. техн. наук, професор,  
Денисов Ю.О., докт. техн. наук, професор,  
Березняк А. М., нач. наук.-досл. Відділу,  
Бурсала О. О., ст. наук. Співробітник,  
Кушніренко О.В., наук. співробітник – інженер-випробувач,  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та  
військової техніки, м. Чернігів, [den71ltd@gmail.com](mailto:den71ltd@gmail.com)

### **АДАПТИВНИЙ РЕГУЛЯТОР КОНТУРУ ШВИДКОСТІ ОДНОКРАТНОІНТЕГРУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДЛЯ ЗАПУСКУ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА ВЕРТОЛЬОТА**

Електропривід систем запуску газотурбінного двигуна вертольота працює в обмеженому часовому інтервалі, відпрацьовуючи програму встановлення заданої швидкості.

Пусковий режим роботи електроприводу ускладнює виконання вимог з забезпечення оптимального співвідношення між взаємозалежними динамічними та енергетичними показниками з врахуванням обмеженого енергетичного ресурсу бортового акумулятора.

Поставлена мета реалізована в двоконтурній однократноінтегруючій системі електроприводу, яка статична за швидкістю та астатична за струмом, що відповідає вимогам до системи запуску газотурбінного двигуна вертольота. До контуру швидкості системи запуску включено адаптивний пропорційний регулятор з релейним законом зміни параметрів його налагодження на окремих часових інтервалах в процесі запуску.

Проведений аналіз перехідних характеристик контуру струму показав, що наявність на вході системи задатчика інтенсивності, який дозволяє стабілізувати динамічний струм електродвигуна та наявність адаптивного пропорційного регулятора в контурі швидкості, дозволяє забезпечити малі перепади похідної струму в процесі запуску. В результаті цього створюються умови для збільшення часу використання енергетичного ресурсу бортового акумулятора та зменшення втрат потужності в електродвигуні з виконанням умови кінцевої тривалості процесу запуску без значного перерегулювання.

#### **Список посилань**

1. Денисов А.И. Вентильные преобразователи в системах точной стабилизации / А.И. Денисов, В.М. Зволинский, Ю.В. Руденко – Киев: Наук.думка, 1997. – 249 с.
2. Денисов А.И. Совершенствование систем бортового электропитания и запуска газотурбинных двигателей вертолетов / А.И. Денисов, Е.А. Бурсала, К.В. Башинский // Системы озброєння і військової техніки. – 2016. - №4(48). - С. 98-103.
3. Башинский В.Г. Влияние пульсаций бесколлекторного двигателя постоянного тока на процесс управления запуском газотурбинного двигателя вертолета / В.Г. Башинский, О.Л. Шаповалов, А.И. Денисов, Е.А. Бурсала, А.Л. Бурсала // Технічна електродинаміка. – 2020. – №2. – С. 56–66. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2020.02.056>

УДК 621.311

Собчук Д.С., кан. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет, [sobdim@gmail.com](mailto:sobdim@gmail.com)

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Розвиток та використання альтернативних та відновлювальних джерел енергії (вітрової і сонячної енергії, біопалива, тощо) є вагомим фактором для зміцнення енергетичної безпеки та зменшення негативного техногенного впливу на навколишнє природне середовище. Важливість розвитку альтернативної енергетики є очевидною, адже вона відіграє вирішальну роль у зменшенні парникових викидів, зниженні негативного впливу на довкілля, підвищує безпеку енергопостачання, допомагає зменшити дефіцит енергоносіїв з країн агресорів.

На даний час основною складовою РДЕ є відновлювані джерела електричної енергії. Останнім часом впровадження РДЕ в енергосистеми є основним напрямком розвитку електроенергетики як України так і інших країн світу. Причинами цього є зниження негативного впливу на оточуюче середовище, покращення показників якості електричної енергії та мінімізація її втрат.

Зміни в електроенергетиці, пов'язані з впровадженням ринкових відносин та розосередженого генерування, потребують оновлення термінології, на основі якого можна виконати декомпозицію задачі оцінювання надійності. Оскільки оцінювання надійності навіть розподільних електричних мереж в сучасних умовах є достатньо складною задачею.

Основні функції розподільної електричної мережі – забезпечення надійного та якісного електропостачання. Для забезпечення надійного електропостачання система має забезпечити відповідний рівень структурної та функціональної надійності. РДЕ впливає на балансову надійність, складову функціональної надійності. Під балансовою надійністю розуміють баланс виробництва і споживання електричної енергії без врахування обмежень з її передачі. Через свою нестабільність ВДЕ створює неоднозначний вплив на балансову надійність

Оскільки розподільні електричні мережі відносяться до таких складних систем, для яких, особливо за ринкових умов, не достатньо характеристики відмови в функціонуванні тільки у формі «все або нічого», то необхідно оцінювати показник якості функціонування, який дозволить дати характеристику здатності РЕМ виконувати функції з надійного та якісного електропостачання. Оскільки в розподільних електричних мережах, особливо за наявності розосередженого генерування, має місце певна надлишковість, тому відмови деяких (або навіть багатьох) елементів призводить лише до часткового обмеження можливостей з надійного і якісного електропостачання, тобто має місце певне зниження ефективності їх функціонування.

Через необхідність врахування значної кількості різних показників, що характеризують всі сторони функціонування розподільних електричних мереж виникає необхідність у визначенні інтегрального показника якості функціонування. Як зазначалося у [1, 2] загальні вимоги, яким повинен відповідати такий показник є: відображення об'єктивної реальності; оцінювання ефективності, якості і оптимальності; можливість фізичного і абстрактного тлумачення; можливість обчислення, хоча б з допомогою ЕОМ; нормування і відображення «крайніх» станів системи з врахуванням потенційно і реально можливих; повинен бути до певної міри узагальнюючим; повинен легко розкладатись на частинні показники; повинен мати теоретичну основу і дозволити розробляти нову теорію або розвивати стару; дозволити приймати рішення на основі досвіду та інтуїції.

Найбільш прийнятний, для розв'язання поставленої задачі, є метод марковського аналізу. Основна його перевага полягає в тому, що є можливість отримати комплексну

оцінку надійності розподільних електричних мереж, зв'язавши структурну, режимну і балансову надійності в один показник – якість функціонування. Припущення, які використовуються під час побудови моделей, не ведуть до значних похибок якщо моделюється період нормального функціонування елементів електричної мережі [3].

Грунтуючись на поєднанні теорії марковських процесів та критеріального методу в моделі якості функціонування розподільних електричних систем може бути врахована зміна параметрів та характеристик їх елементів. Крім того модель може бути придатною для використання її під час отримання та реалізації результатів оптимальних розрахунків. Як зазначалось в [4] таку можливість надають моделі побудовані за критеріальним методом.

Аналіз критеріальної моделі якості функціонування дозволяє порівнювати схожі системи не визначаючи техніко-економічних показників. Окрім цього дозволяє розробити економічно доцільну стратегію відновлюваних робіт за станом системи.

Використовуючи цей підхід можна виконати декомпозицію задачі оцінювання надійності РЕМ з відновлюваними джерелами. На першому етапі на основі аналізу структурної надійності розподільної електричної мережі необхідно побудувати граф можливих станів (див. рис. 1), в яких може перебувати РЕМ в залежності від стану її елементів (робочі/відмовили). На цьому етапі не враховується вплив ВДЕ на режимну та балансову надійність.

Отже, для оцінювання впливу РДЕ на надійність розподільних електричних мереж необхідно визначити показники ефективності, які будуть характеризувати режимну і балансову надійність (див. рис. 1), для кожного з станів, можливих для розподільної мережі.

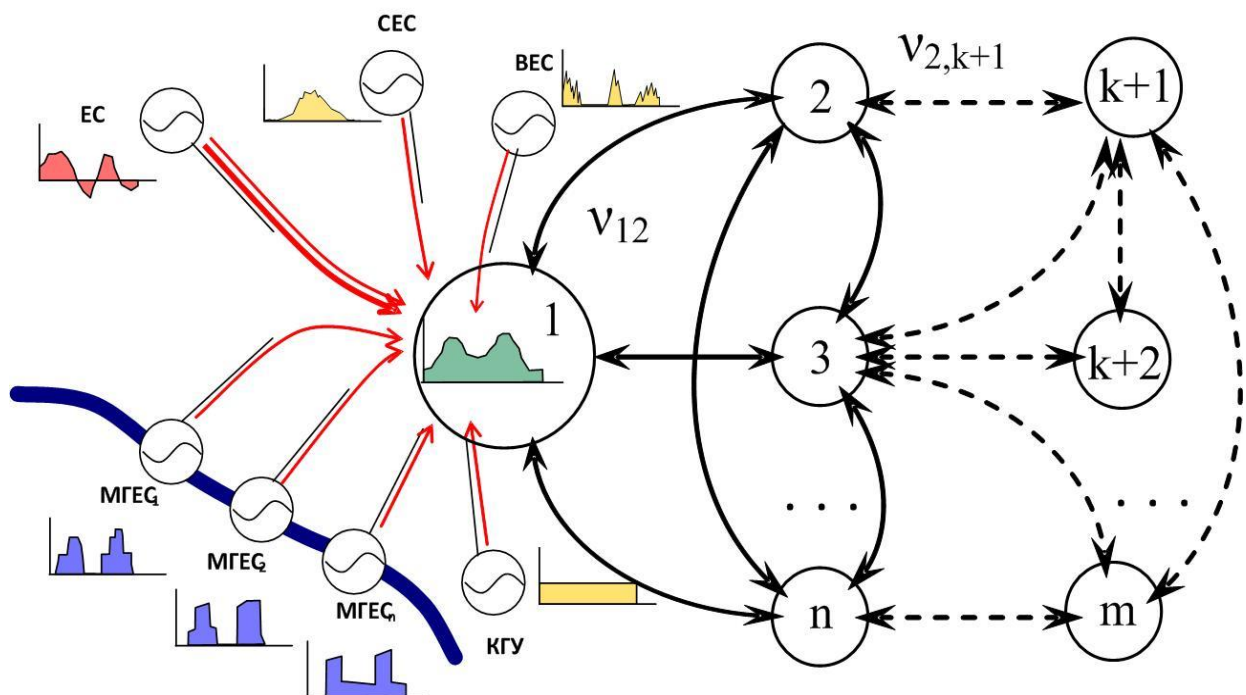


Рис. 1 – Графічна інтерпретація оцінювання комплексного показника якості функціонування розподільної електричної мережі з розосередженим генеруванням

#### Список посилань

1. Пуш, А.В. Шпиндельные узлы: Качество и надежность / А.В. Пуш – М.: Машиностроение, 1992. – 286 с.
2. Антипенский, Р.В. Разработка моделей случайных сигналов / Р. В. Антипенский // Компоненты и технологии. – 2007. – № 11. – С. 146 – 151.
3. Машиностроение [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dljamashinostroitelja.info>

УДК 203.12

Добровольська Л.Н., канд. техн. наук, професор  
Луцький національний технічний університет, [Isobchuk@gmail.com](mailto:Isobchuk@gmail.com)

## АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ВИРІШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Основними шляхами вирішення енергетичної проблеми є раціональніше використання уже існуючих органічних енергетичних ресурсів, або впровадження відновлювальних джерел енергії. Традиційні джерела енергії, наприклад, кам'яне вугілля, природний газ, нафта, торф є так само відновними, проте для їх утворення потрібно дуже багато часу, в деяких випадках навіть сотні мільйонів років, а їх використання відбувається досить швидко. Використання енергії відновлюваних джерел є не лише вирішення проблеми енергозбереження, а й вирішення деяких екологічних і економічних проблем населення.

Не останню роль серед відновлюваних джерел енергії посідає вітрова енергія. Вітрові турбіни здебільшого встановлюються на відкритих місцевостях, наприклад, прибережні смуги, степи, вершини гір. Свою валову частку серед відновних джерел енергії посідає гідроенергетика. Також, але набагато менше використовується припливна енергія води і морських хвиль. У світі на даний час існує лише одна велика припливна електростанція потужністю 240 МВт, яка знаходиться в місті Ранс, Франція. Проте даний спосіб здобуття електроенергії знаходиться на даний час в стадії експериментування. Інтенсивно використовується такий вид енергії як біомаса. Для цього може бути використана деревина, рослини, органічні відходи, у тому числі громадське сміття, побутові відходи. Переробка біомаси також сприяє екологічному поліпшенню енергетичної проблеми населення.

В Україні близько 4 млн га малородючих земель сільгосп призначення. Більшість із цих площ якнайліпше підходять для вирощування енергетичних культур — верби, тополі, міскантуса, світчграса та інших. Їх культивування активно розвивається у Європі: для фермерів це прибутковий бізнес і покращення стану земель, для місцевих громад — плата за оренду, створення нових робочих місць, для країни — енергонезалежність, покращення екологічного стану. Щорічні відходи сільського господарства в Волинській області (солома, стебло, качани кукурудзи, стебла та лушпиння соняшнику) становлять 2,4 млн. тонн, з яких на власні потреби сільських господарств використовується не більше 1,6 млн. тонн. Решта відходів потенційно може бути використана для виробництва енергії[1].

Біогазові установки на відходах АПК насамперед спрямовані на отримання: електрики, тепла, промислової пари, а у разі подальшого очищення біогазу — пального для двигунів. Проте, додаткова енергія й диверсифікація її постачання — це далеко не всі аргументи на користь будівництва біогазових установок. Існують ще численні екологічні переваги: контроль неприємних запахів і патогенів, зменшення викидів парникових газів, можливе зниження потреби в міңдобривах. І звісно біогазові установки - це нові перспективи для агробізнесу, альтернативне використання земель, глибока утилізація відходів і побічних продуктів, нові робочі місця і, нарешті, джерело додаткового прибутку від продажу енергії.

Дефіцит вичерпних ресурсів на сьогодні спонукає людство до пошуку інших, більш ефективних способів отримання енергії. Сталий розвиток суспільства можливий лише в умовах енергозбереження і введення нових систем енергопостачання, що будуть враховувати специфіку, як самого джерела енергії так і самого споживача цієї енергії.

### Список посилань

1. Передерій Н.О. Формування ринку альтернативних джерел енергії з біомаси в Україні: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00. 03. / Н.О. Передерій // Нац. ент-т біорес. і природокорис. України. — Київ, 2009. — 20 с.

УДК 621.436.004.5

Куць Н.Г., гранд-докт. техн. наук, доцент  
Луцький національний технічний університет, [kuts.nadia68@gmail.com](mailto:kuts.nadia68@gmail.com)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

До початку двадцять першого століття панувала епоха автомобілів, яка обмежувала розвиток альтернативних видів транспорту, як і більшість технічних удосконалень, була спрямована на забезпечення панування нафти як джерела енергії. Однак, зі скороченням запасів нафти і ростом ціни на енергоносії, потрібно зробити важливі технологічні зміни в транспорті та транспортуванні.

Сучасна тенденція розвитку енергетичних комплексів на транспорті полягає в більш ефективному використанні паливно-енергетичних ресурсів і вирішенні екологічних проблем. Очевидно, що підвищення енергетичної ефективності будь-якої машини безпосередньо пов'язано з підвищенням коефіцієнта корисної дії її систем, агрегатів, вузлів та елементів. Найбільшого ефекту слід очікувати від підвищення коефіцієнта корисної дії тих систем, в яких найбільші втрати енергії, тобто, в системі «двигун – трансмісія – автомобіль».

Особливого значення набувають науково-технічні розробки, в яких отримують коефіцієнт перетворення одного виду енергії в інший більше одиниці. Для цього весь бортовий енергоблок необхідно перетворити у відкриту систему, коли при забезпеченні відповідних умов внаслідок взаємодії з іншими енергосистемами, виникає додатковий канал обміну енергіями. Важливо цей принцип реалізувати на транспортних засобах, в яких застосовуються теплові або електричні двигуни.

Світова тенденція розвитку транспорту -- це розробка гібридних електротяг пристроїв разом з тепловими двигунами з переходом, в подальшому, повністю на електротягу. А в перспективі -- включення в транспортні енергосистеми теплові насоси [1].

Як приклад, розглянемо гібридну схему електротяги енергокомплексу спільно з вихровим тепловим насосом. Ефективність теплового насоса визначається відношенням різниці температур на виході і на вході до температури на виході, тобто, в кінцевому підсумку, визначається наскільки менший потік енергії виходить з обслуговуючої енергосистеми. Коефіцієнт теплопродуктивності теплового насоса слід визначати, як відношення корисного тепла переданого споживачеві, до енергії, витраченої на роботу теплового насоса.

Найбільшу популярність набули бензино-електричні гібриди, привід яких реалізується шляхом формування єдиного енергоблоку. У такій схемі основним виконавчим двигуном є магнітодинамічний мотор-генератор. Магнітодинамічний мотор-генератор в резонансному режимі роботи може використовуватися як тепловий насос.

Магнітодинамічні мотор-генератори при порівняно невеликих габаритах володіють високою потужністю і є відкритою системою щодо навколишнього середовища. Вони дозволяють генерувати вільну енергію [2]. Перевага такого мотор-генератора полягає ще й в тому, що він дозволяє регулювати коефіцієнт тертя при гальмуванні транспортного засобу.

Електричний мотор-генератор магнітодинамічного типу перетворює механічну енергію в електричну в резонансному режимі і при цьому дозволяє реалізувати великі потужності, а також, отримувати надлишкову енергію за рахунок взаємодії з навколишнім середовищем внаслідок конвективного теплообміну за принципом роботи теплового насоса. Електромагнітний тепловий насос можна використовувати на будь-якому виді транспорту. Він має досить малі масо-габаритні характеристики, а теплообмін з

навколишнім середовищем здійснюється всією площею транспортного засобу з потоком набігаючого повітря, тобто, реалізується величезний колектор теплового насоса.

Що стосується високої вартості електромобіля, то вона може бути значно знижена, якщо в гібридній схемі замінити ДВЗ на вихровий тепловий насос. Вихровий тепловий насос являє собою вітрогенератор, оснащений вентилятором і поміщений спільно з вентилятором в замкнутий повітряний об'єм. Вентилятор і вітрогенератор містять лопаті спеціальної конструкції, які описані в роботі [9,10].

При швидкості руху транспортного засобу 100 км / год вихровий тепловий насос на вхід до вентилятора з чотирма лопатями і радіусом 15 см на вентиляторі і вітрогенераторі повністю забезпечить потужність в 150 кВт, яку виробляє бензиновий двигун в гібриді Lexus Rx400h. Частота обертання лопатей в вітрогенераторі складе 4870 об / хв, що припустимо для лопат з дюралі товщиною 10 мм і довжиною 150 мм.

Виходить, що вихровий тепловий насос здатний повністю компенсувати потужність споживання електроенергії тяговими двигунами від акумуляторної батареї. При цьому габарити складуть 700x350x350 мм, а вага - не більше 250 кг. Важливо відзначити наступний факт, що при падінні температури навколишнього середовища до - 300 С вироблювана потужність тепловим насосом падає тільки на 0,13%, тобто, практично не змінюється.

Шляхом енергетичної вдосконаленості такої технічної системи можна внести великий вклад і у вирішення і екологічних проблем.

Методологія підвищення екологічної безпеки базується на основі системного підходу, який використовується під час проведення досліджень як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації транспортних засобів з виділенням основних процесів системи за цільовими функціями, за визначенням основних функціональних елементів і зворотних зв'язків. З точки зору системного підходу і параметрів управління процесами та зв'язками, технічна система розширюється і досліджується як: «паливо -- двигун – трансмісія – автомобіль – навколишнє середовище». В такій системі можна виділити три основні процеси, що пов'язані між собою:

- перетворення хімічної енергії палива в теплову та механічну, тобто робочий процес двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) ;
- передача енергії від ДВЗ до коліс з перетворенням параметрів руху, тобто робочий процес трансмісії ДТЗ;
- перетворення обертального руху коліс в поступальний рух ДТЗ, тобто взаємодія ходової частини та кузова ДТЗ з середовищем (дорогою та повітрям).

Отже, резерви підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки лежать в пріоритетному впорядкуванні режимів роботи двигуна, трансмісії та автомобіля в цілому, у виборі типів палив і у взаємодії з навколишнім середовищем шляхом оптимального підбору їх параметрів і характеристик, за рахунок оптимального управління автомобілем і його системами, у підвищенні використання потенціальної працездатності палива [3].

#### Список посилань

1. Гречихин Л.И. Энергетические комплексы на транспорте / Л.И. Гречихин, Н.Г. Куць – Мн.: ИООО «Право и экономика», 2013. – 258 с.
2. Гречихин Л.И. Аэродинамика летательных аппаратов / Л.И. Гречихин, А.А. Лапцевіч, Н.Г. Куць – Мн.: «Право та економіка», 2012. – 285 с ..
3. Гречихин Л. І. Сучасна енергетика. Шляхи та методи розвитку і застосування на транспорті / Л.І. Гречихин, Н.Г. Куць // Наукові нотатки. – 2010. – № 28 – С. 162 - 165.

УДК 628.16.081.3

Хохотва О.П., докт. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ,

[khokhotva@bigmir.net](mailto:khokhotva@bigmir.net)

## ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ ВОД СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ВІД ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ КОМПОЗИЦІЙНИМ СОРБЕНТОМ У ПРИСУТНОСТІ СОЛЕЙ КАЛЬЦІЮ

Організація оборотного водопостачання з використанням стічних вод на підприємстві можлива тільки за умови їх глибокого очищення від токсичних інгредієнтів. Оборотні води підприємств теплоенергетики містять іони міді, які потрапляють у воду внаслідок корозії теплообмінних поверхонь [1]. Вилучення малих кількостей іонів важких металів ускладнюється тим, що такі води є багатокомпонентними за катіонним складом і містять солі лужних і лужноземельних металів у концентраціях, які у багатократно перевищують концентрацію важких металів [2]. Традиційні методи вилучення катіонів – іонний обмін і зворотній осмос – видалятимуть не тільки іони важких металів, але також у значно більшій мірі солі кальцію, магнію, натрію, що значно скоротить тривалість фільтроциклу між регенераціями і підвищить вартість обслуговування обладнання.

Композиційні сорбенти на основі пористих синтетичних матеріалів [3] дозволяють селективно вилучати важкі метали з водних розчинів, при цьому мало знижуючи вміст інших сторонніх катіонів.

Композиційний сорбент на основі сильнокислотного катіоніту КУ-2-8 з осажденою активною фазою магнетиту отримували за методикою, описаною в [4].

При зростанні початкової концентрації іонів  $\text{Ca}^{2+}$  від 50 до 2000 мг/л залишкова концентрація  $\text{Cu}^{2+}$  ( $C(\text{Cu}^{2+})_{\text{поч.}} = 250 \text{ мг/дм}^3$ ) після контакту з композиційним сорбентом проводили лишалася майже незмінною, коливаючись в діапазоні 16-20 мг/л. При цьому залишкова концентрація  $\text{Ca}^{2+}$  лінійно зростала, наближаючись до її початкових значень. Слід також відмітити, що використання КУ-2-8-М не змінювало рН очищуваних розчинів, що важливо для очисних споруд у системах оборотного водокористування на підприємствах [5].

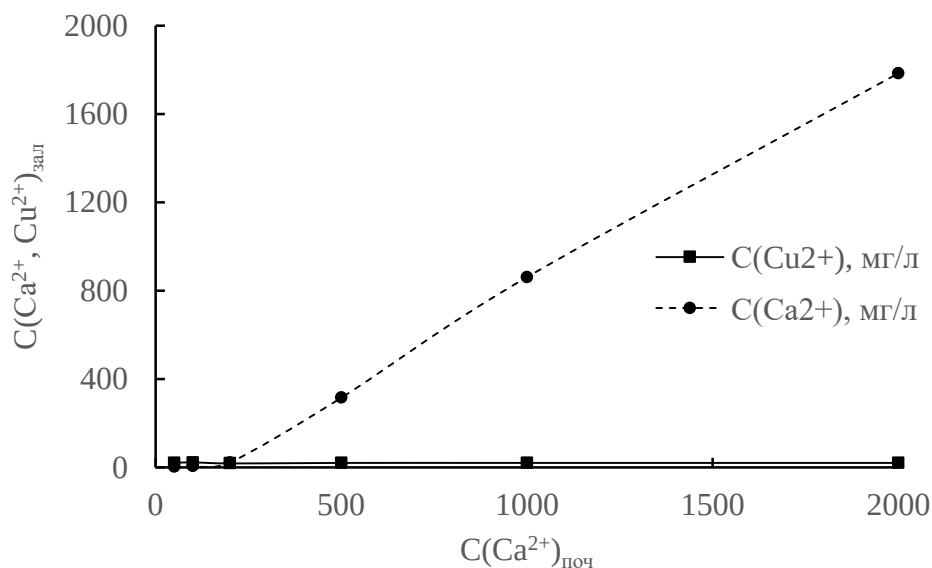


Рис. 1 – Залежність залишкових концентрацій  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Ca}^{2+}$  від початкової концентрації  $\text{Ca}^{2+}$  при конкурентній сорбції на композиційному сорбенті

На основі величин залишкових концентрацій катіонів були розраховані коефіцієнти розподілу  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Ca}^{2+}$  та коефіцієнти розділення у системі розчин-композиційний сорбент (таблиця 1).

Таблиця 1 – Коефіцієнти розподілу ( $K_d$ ) та коефіцієнти розділення  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Ca}^{2+}$  при сорбції на композиційному сорбенті

| С $\text{Ca}^{2+}$ поч., мг/дм <sup>3</sup> | $K_d$ $\text{Cu}^{2+}$ | $K_d$ $\text{Ca}^{2+}$ | К розд |
|---------------------------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| 50                                          | 1150                   | 2400                   | 0,5    |
| 100                                         | 1036                   | 1900                   | 0,5    |
| 200                                         | 1289                   | 809,1                  | 1,6    |
| 500                                         | 1150                   | 58,7                   | 19,6   |
| 1000                                        | 1150                   | 16,1                   | 71,2   |
| 2000                                        | 1150                   | 12,1                   | 95,0   |

Розроблений композиційний сорбент можна синтезувати безпосередньо у колоні на місці його використання послідовним пропусканням через завантаження катіоніту розчинів суміші молей  $\text{Fe(II)}$  і  $\text{Fe(III)}$  та 20%-го  $\text{NaOH}$  для синтезу магнетиту у порах катіоніту. Суміш солей заліза, не затриману катіонітом, можна збирати окремо для корекції складу і повторного використання.

Для регенерації насиченого композиційного сорбенту використовувати кислоту не бажано, оскільки зруйнується шар магнетиту у сорбенті. Регенерацію можна проводити 0,1-0,5 М  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ , при цьому сорбовані важкі метали елююватимуться у вигляді оксалатних комплексів. Послідовно використовуючи розчин оксалату амонію різної концентрації, можна селективно десорбувати різні важкі метали. Так, мідь десорбується 0,1 М розчином оксалату амонію, а цинк – 0,5 М. Насичений регенераційний оксалатний розчин може бути перероблений для вилучення металів у вигляді порошку металу або оксиду металу.

Таким чином, отримано композиційний сорбент на основі катіоніту та магнетиту як активної фази, який майже нечутливий до присутності солей жорсткості при вилученні іонів важких металів з водних розчинів. Синтезований сорбенту може бути використаний як завантаження фільтрів в уже існуючих технологічних схемах для доочистки води системи оборотного промислового водопостачання, перш за все в системах охолодження.

#### Список посилань

1. Гомеля Н.Д. Разработка ингибиторов накипобразования и коррозии латуни меди для водооборотных систем АЭС / Н.Д. Гомеля, Ю.А. Омельчук, Т.А. Незвиская // Научно—технический сборник. — Экология и атомная энергетика. — 2009. — № 1(24). — С. 114—117.
2. Филатова Е.Г. Обзор технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, основанных на физико—химических процессах / Е.Г. Филатова // Иркутский национальный исследовательский технический университет. — 2015. — №2(13). — С. 97—109.
3. Иканина, Е.В. Композиционные сорбенты для извлечения тяжелых металлов: итоги последних лет / Е.В. Иканина, В.Ф. Марков, М.И. Каляева // Бутлеровские сообщения. — 2016. — Т. 48. — № 11. — С. 101—113.
4. Аветисян Ю.И. Синтез композиционного сорбента для удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод / Ю. И. Аветисян, А. П. Хохотва // Восточно—Европейский журнал передовых технологий. — 2015. — т. 4. — № 10(76). — С. 4—8.
5. Хохотва О.П. Використання модифікованих і композиційних феритних сорбентів для селективного вилучення  $\text{Cu}^{2+}$  / О. П. Хохотва, Л. І. Бутченко, М.Д. Гомеля // Технічні науки та технології. — 2018. — № 1 (11). — С. 264—272.

УДК 621.311

Шульга Ю.І. канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України, КПІ ім. І. Сікорського», м. Київ

[shulgayurij@gmail.com](mailto:shulgayurij@gmail.com)

## ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДЕЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Відсутність в Україні достатніх інвестиційних ресурсів в даний час ускладнює своєчасну заміну зношених основних виробничих фондів (ОВФ), більшість яких в енергетиці близькі або перевищили проектні терміни експлуатації та вимагають термінової реконструкції або заміни. Об'єми оновлення ОВФ недостатні при високих темпах їх старіння. В результаті паливно-енергетичний комплекс може стати гальмом зростання темпів розвитку української економіки. Вирішення цієї проблеми усугубляється відмовою від російських та білоруських паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР).

Зазначені проблеми можуть бути вирішені тільки за рахунок підвищення рівня ефективності використання традиційних ПЕР та впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ), в першу чергу, вітроенергетики, сонячної енергетики та геоенергетики.

При відновлювальному розвитку та впровадженні інноваційних проєктів водневої енергетики вона може в майбутньому зайняти відповідне високе місце в балансі тепло та електро забезпечення виробничої і соціальної сфери вирішуючи проблему побудови системи енергобезпеки держави.

За останні роки в багатьох країнах широко проводяться роботи щодо розвитку водневої енергетики, тобто розробки способів перетворення енергії водню створення перетворювачів, які спроможні перетворювати енергію водню в електричну (50%) та теплову (50%) [1]. Водень може використовуватись також в якості моторного палива. Двигуни внутрішнього згорання на цьому паливі значно економніші ніж бензинові та екологічно менш небезпечні (викидають, в основному, водяні пари).

Водень можливо одержувати або з біомаси, або шляхом електролізу води.

Розвиток цих технологій енерговиробництва на основі біомаси буде здійснюватися паралельно з розвитком способів отримання рідких біопалив з цієї ж сировини та має великі перспективи.

Стосовно другого напрямку водневої енергетики (електроліз води) необхідно відмітити, що на даному етапі процес електролізу дуже енерговитратний. Ця технологія обмежує його застосування тільки на транспорті.

Водень використовується також у багатьох галузях промисловості. Він необхідний у металургії для прямого відновлення руд, у харчовій промисловості – для виробництва маргарину, хімічній промисловості – для виробництва добрив (приблизно половини всього водню, що виробляється у світі, йде на виробництво аміаку) [2].

Дуже важливим в сільському господарстві є процес зберігання та сушіння зерна. [3,4]. Використання технології отримання водню з біомаси, якої в сільському господарстві достатньо, пропонується в якості джерела теплової і електричної енергії.

На рис. 1 показана спрощена схема роботи системи управління комплексом сушіння вологого зерна.

На рис. 1 наведено наступні позначення:

ДВ – джерело водню; СУ- система управління; ДПС – двигун постійного струму; В – вентилятор з аеродинамічним пристроєм регулювання; ТАМ –трубопровідна аеромережа; З – засувка; КСЗ – камера сушіння зерна; Д<sub>1</sub>, Д<sub>2</sub>, Д<sub>п</sub> – датчики параметрів повітряного середовища в КСЗ.

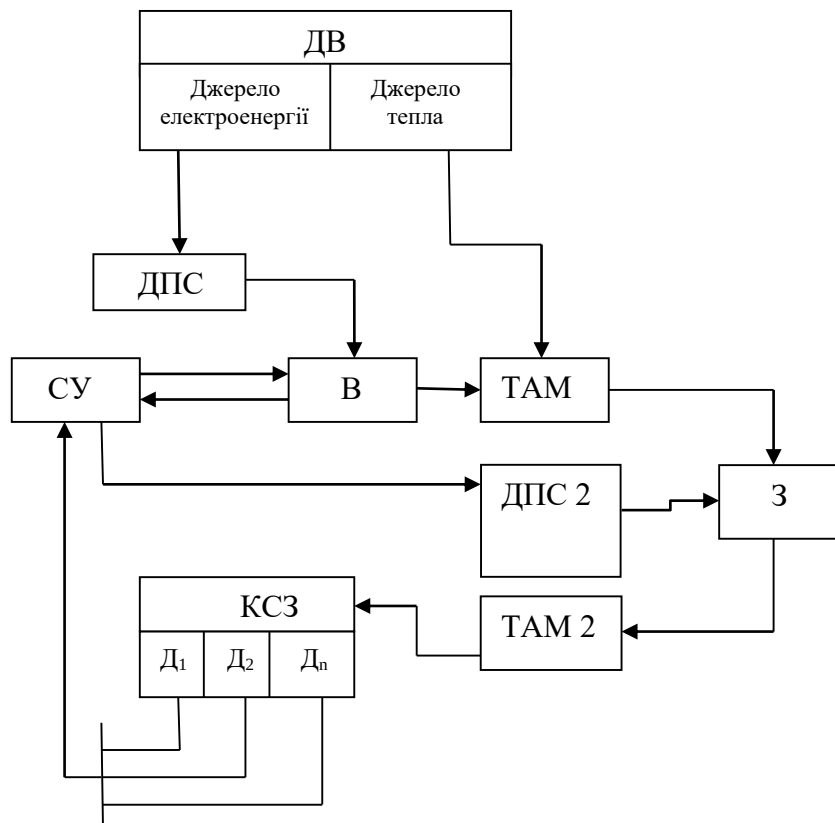


Рис. 1 – Блок – схема системи управління комплексом сушіння волого зерна.

#### Список посилань

1. Вовк А.О. Развитие энергетики в Украине с учетом техногенной и экологической безопасности / А.О. Вовк, Л.И. Демещук, Ю.И. Шульга – К.: ННІІПБОТ, 2011. – 220 с.
2. Соловей О.І. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: Навчальний посібник / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбака – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 483 с.
3. Шульга Ю.І. Сушіння Зерна за рахунок енергії відновлювальних джерел / Ю.І. Шульга Наукове видання. IX Міжнародна науково-правктична конференція “Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» -Ч.ЧНТУ,2019 – С. 170-171.
4. Шульга Ю.І. Система управління вентиляційним комплексом камер сушіння зерна з використанням відновлювальних джерел енергії. X Міжнародна науково-практична конференція “Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем. Том 2. – Ч. ЧНТУ, 2020. – 128с.

**СЕКЦІЯ 8**  
**ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОМП'ЮТЕРНА**  
**ІНЖЕНЕРІЯ. КІБЕРБЕЗПЕКА. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ**  
**СИСТЕМИ**

UDC 001.19:001.53:004.8(045)

Zaritskyi O.V., Doc. Eng. Sciences  
National Aviation University, [olegzaritskyi@gmail.com](mailto:olegzaritskyi@gmail.com)

**STRUCTURAL MODEL OF HUMAN INTELLIGENCE AND THE LIMITS OF  
ARTIFICIAL INTELLIGENCE REALIZATION IN INFORMATION SYSTEMS**

The development of a structural-functional model of knowledge acquisition involves the formalization of links between the relevant functional areas of human intelligence and modern expert systems. First of all let's consider the main terms and their meaning for understanding what "abilities" an information system (IS) should have in order to be classified as artificial intelligence (AI) technology.

**Intelligence** is the quality of the psyche, consisting of the ability to recognize new situations, learning and remembering from experience, understanding and applying abstract concepts, and using one's knowledge to control the environment. In other words, it is the ability to learn, receive, adapt, modify and replenish knowledge in order to solve problems. Thus, human intelligence can be characterized by a number of basic parameters, including the amount of working memory, the ability to predict, think, cognize, understand, consciousness and memory.

The amount of working memory is considered as a cognitive system of limited capacity, which provides temporary storage of information available for direct processing. The ability to predict involves building cause-and-effect relationships, ie logical thinking, the ability to justify judgments about possible states of the object in the future and (or) about alternative ways and timing of their implementation, using logic - the science of correct thinking.

**Thinking** - a set of mental processes underlying cognition (understanding), which includes basic operations of analysis and synthesis, based on which the brain implements other typological units: comparison, classification, generalization, concretization and abstraction, which in turn provide implementation active side of cognition: attention, perception, association, creation of concepts and judgments as a result of understanding.

**Consciousness** is the state of the mental life of an organism, expressed in the subjective experience of the events of the external world and the body of the organism, as well as in the response to these events. Consciousness as a state of mind is also associated with the phenomenon of intuition and many other phenomena, such as [1]: the ability to distinguish, classify and respond to environmental irritants; integration of information by the cognitive system; monitoring and introspection about mental conditions; the system's ability to access its internal states; focus of attention; conscious control of behavior; difference between wakefulness and sleep. Intuition as a psychological phenomenon characterizes a person's ability to understand, form and penetrate the meaning of events, objects through an unconscious conclusion based on imagination and previous experience.

Memory is one of the properties of the nervous system, which is the ability to store information about events in the outside world and the body's response to these events, as well as repeatedly reproduce and change this information [2].

The result of cognition is knowledge that from a philosophical point of view can be logically or factually substantiated and empirically or practically verified. In the theory of AI and expert systems (ES), knowledge is a set of statements about the characteristics of objects, patterns of behavior of the system, as well as the rules of logical inference of statements based on rules and other statements for decision-making [3].

A simplified structural model of human intelligence and its connection with the most common structural model of the ES as one of the areas of AI research is presented in Fig.1. [4]. EC technologies are limited to the implementation of mechanisms of cognition (thinking), as one of the basic elements of intelligence. Upstairs is consciousness, the mechanisms of which go far beyond classical logic, where modern intelligent systems face difficulties and are virtually unrealized.

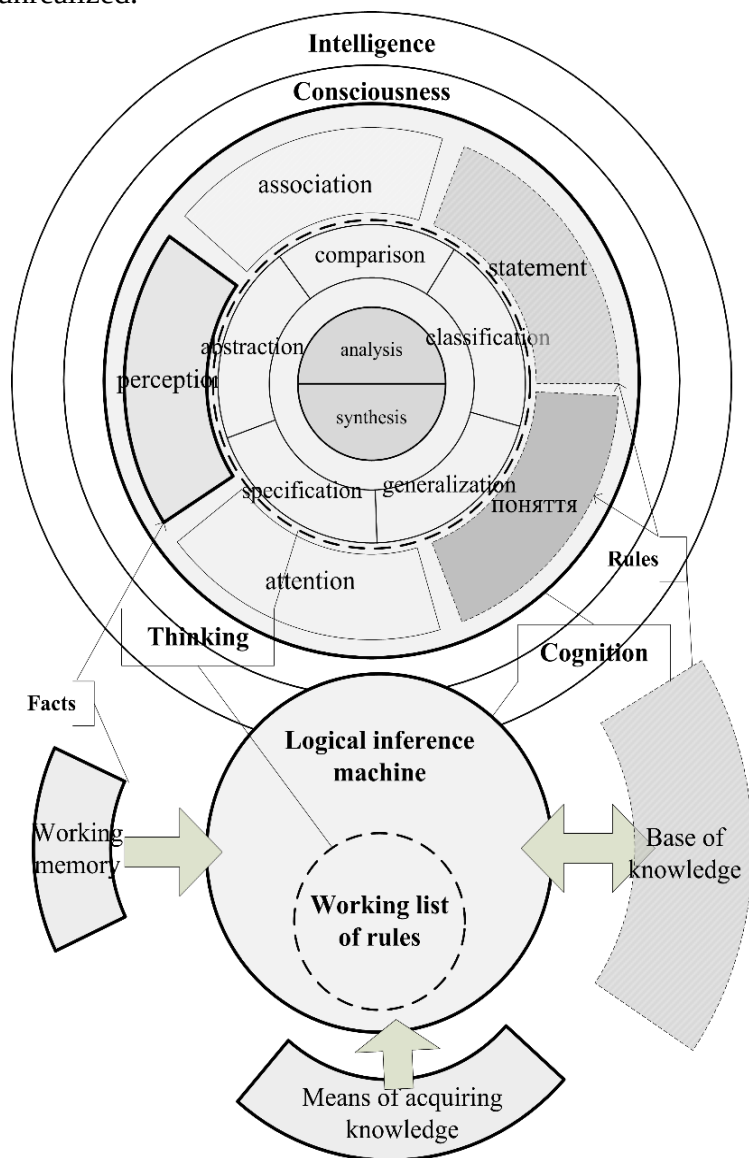


Fig. 1 – Structural models of human intelligence and expert system

Modern IS with large amounts of RAM and computing power can implement almost all the basic elements of human intelligence: working memory, long-term memory, thought and prediction processes except for consciousness and intuition. It should be noted that the process of cognition of intellectual IS is also limited at the present stage of their development only by logical cognition, i.e. due to clearly structured rules and logic. But the process of human cognition can be carried out on an intuitive principle, i.e. knowledge of a phenomenon without understanding how this knowledge is obtained.

Many IPs have the means to acquire knowledge by deriving rules by induction based on examples, ie teaching with a teacher. A number of methods are used to develop rules in machine learning, such as ID3, C4.5, C5.1, artificial neural networks and genetic algorithms [5]. The peculiarity of the development of rules by machine learning methods is the inability to explain why they were created. At first glance, this is very similar to the process of intuitive human cognition, but it is

only a superficial view without taking into account the unconscious inference in the case of man.

Obviously, the concept of AI, founded in the 50s of last century, was considered in the perspective of the development of this branch of science with the ultimate goal of implementing in IS a fundamental element of human intelligence - his consciousness, or so-called strong AI, or general AI, GAI. At present, we should discuss artificial thinking and logical cognition, which reflects the real limits of the processes of modern "intelligent" systems, or as accepted in the scientific literature - weak or narrow AI (WAI, ANI).

## References

1. David J. Chalmers. Facing Up to the Problem of Consciousness / David J. Chalmers // Journal of Consciousness Studies. – 1995. – V.2, №3. – P.200 - 219.

2. Craig A Anderson. Encyclopedia of Psychology: 2012. V.8. DOI:10.1037/10523-068
3. Jackson P. Expert systems introduction. / Jackson P. – Addison Wesley Publishing Company. 1998. – 542 p.
4. Zaritsky O.V. Quantitative assessment of technological singularity. / O.V. Zaritsky, O.V. Ponomarenko // Scientific and technical journal "Problems of management and informatics. – №1, 2022. – P.93-111.
5. Nils J. Nilsson. Introduction to machine learning an early draft of a proposed. Textbook. –Stanford University, Stanford. 2005. – 188 p.

UDK 159.9.07.:572.025-057.5 (043.2)

**Kuzovik V.D. , Dr. tech. Science, Professor**  
**Melnikov O.V., Ph.D. tech. Science**  
**Bezvershniuk K.O. , assistant**

National Aviation University, [karyna.bezvershniuk@npp.nau.edu.ua](mailto:karyna.bezvershniuk@npp.nau.edu.ua)

### **ANALYSIS OF MODERN METHODS FOR ESTIMATING THE BRAIN LEVEL OF BRAIN TIRES OF OPERATORS OF EXTREME ACTIVITIES**

The problem of fatigue is one of the most complex and multifaceted in the physiology and psychology of work, not only for operators of extreme activities (EMS) but also for ordinary workers. It has long been of interest to researchers in many fields of science. Theoretically, the importance of studying fatigue is due to the fact that it is an intermediate state between normal and pathology. The practical significance of such a study is determined by the impact of employee fatigue on reduced productivity and quality of work, and social - with temporary disability and disability of those workers who perform work in conditions of overstrain of physiological systems.

The central-cortical concept of the development of brain fatigue was developed in the works of IP Pavlov, ME Vvedensky, OO Ukhtomsky, MI Vinogradov, PK Anokhin, SO Kosilov, VV Rosenblatt and others . She received her experimental confirmation, which boils down to the following conclusions:

1) Accumulation of lactic acid in the muscles is not the main cause of fatigue, and in the whole human body fatigue is not directly dependent on the accumulation of metabolites. The person gets tired and at performance of easy and mental work when there is no accumulation in muscles of lactic acid;

2) The main share in the mechanism of fatigue belongs not to peripheral but to central processes. This is evidenced by the extremely low fatigue of peripheral devices and the impact on the development of fatigue of the central nervous system (emotions, automatism);

3) The primary link of the central mechanism has a cortical nature. The lower the level of conscious control over the performance of work, ie the lower the level of excitation and, consequently, the energy expenditure of cortical centers at work, the less it is tiring, although the nature of muscular loads and efforts does not change;

4) An important role in the development of fatigue is played by the process of inhibition in the cortical center of the musculoskeletal system.

Shifts in the state of the cortical centers are due to many reasons. The main one is that the cortical centers, having the lowest level of efficiency, carry a large load associated with the processing of various information and regulation of all organs and systems of the body, namely:

- streams of afferent impulses in relation to the work task are directed to the cortex;
- the cortex generates impulses to contract muscles;
- from the working muscles come signals about the chemical changes that occur in them under the influence of the work performed;
- similar signals come from other organs and systems that ensure the performance of work (cardiovascular, endocrine, respiratory, etc.);
- part of the information is in the form of the results of mental activity of the brain (memory, imagination, thinking, etc.);

- a huge flow of excitement comes from the reticular formation, which maintains the desired tone of the cortex.

The urgency of the problem is that fatigue gradually increases due to intense physical or mental activity, forcing the body to reach the limit of pathological state, disrupting the state of homeostasis of operators of extreme activities. Violation of homeostasis in turn leads to fatigue, chronic fatigue syndrome, overtraining syndrome and immune dysfunction.

After analyzing the literature, the Department of Biocybernetics and Aerospace Medicine NAU (Kyiv) hypothesized that brain fatigue (Fig. 1) - a complex process that reduces the lability of the nervous system due to energy costs and process development inhibition of neural networks, and reflects the inability of the body to maintain homeostasis, regulatory, autonomic and executive systems, the development of fatigue, a temporary decrease in efficiency.

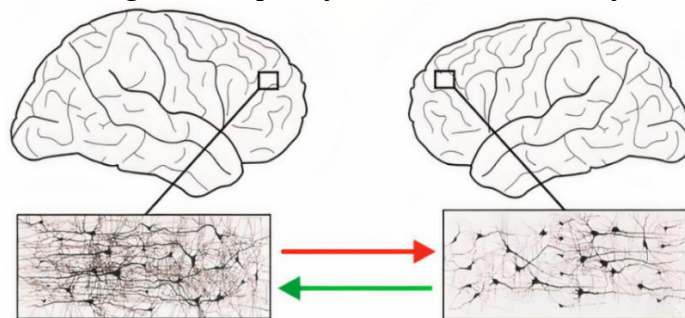


Fig. 1 - Brain fatigue at the physiological level is manifested by inhibition of brain cells -red arrow. A green arrow indicates the recovery of brain fatigue.

Consider brain fatigue as a process of temporary reduction of the body's functional capabilities, which to some extent are reflected in the psychophysiological state of EVD operators. Brain fatigue can be divided into two types of acute fatigue and chronic fatigue. Acute brain fatigue develops very quickly and intensively with unbearable and monotonous work, static and sensory combined or sensory-saturated activity in extreme conditions. Causes rapidly increasing functional changes in the central nervous activity. Chronic brain fatigue develops with the accumulation of adverse conditions, accompanied by decreased performance. In this case, the body is more susceptible to the disease.

Given the above, it should be noted that currently the study of fatigue, in fact, is just beginning. Most methods for assessing cerebral cortex fatigue focus either on special equipment that can assess the dynamic characteristics of the psyche (reaction, concentration, etc.), or on a set of psychological tests that characterize the current subjective characteristics of the psyche (level of experience, stress, motivation) operator. The use of electroencephalography, as a tool for assessing the professional suitability of operators of extreme activities, is based on outdated methods of quantitative and qualitative signal processing, which do not take into account the functioning of the information and energy field. However, the use of spectral methods of EEG processing can be used for in-depth study of information on changes in the psychophysiological organism of operators.

### References

1. V. Kuzovik, O. Bulygina, K. Bezvershnyuk, R. Dzierżak, N. Denisova, O. Kulakova, Synthesis of the process of evaluation of psychophysiological parameters of antarctic winterers// The Summer XLIV-th IEEE-SPIE Joint Symposium on Photonics, Web Engineering, Electronics for Astronomy and High Energy Physics Experiments, -Wilga 2019-27.05.19-02.06.19. Proc.SPIE vol.11176
2. Zhang S, Zheng S, Pei X, Ouyang Ya (2009). Power spectrum analysis on multivariable electroencephalogram characteristics of physiological mental fatigue. J Biomed Eng 26: 162-6. [PubMed]
3. Michael M. Zeineh, James Kang, Scott W. Atlas, Mira M. Raman, Allan L. Reiss, Jane L. Norris, Ian Valencia, Jose G. Montoya Right Arcuate Fasciculus Abnormality in Chronic Fatigue Syndrome (2015) <https://doi.org/10.1148/radiol.14141079>.

УДК 621.39

Стригун В.В.,  
Барвінок Р.Д.,  
Білоус О.В.,  
Павлюк Т.В.,

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,  
[oleg8kp@gmail.com](mailto:oleg8kp@gmail.com)

## **ОБГРУНТУВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ РАДАРНИХ СИСТЕМ ТРАЄКТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ**

Сучасне, якісне і ефективне проведення випробувань нових та уніфікованих зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) в умовах сьогодення обумовлюється потребою удосконалення системи полігонних випробувань озброєння та військової техніки.

Постає питання забезпечення сумісної роботи засобів траєкторних вимірювань (ТВ) в єдиній системі обміну цифровою інформацією в режимі реального часу у випадку одночасної роботи двох і більше радарних систем (РС). Тому виникає потреба обладнання РС сучасним телекомунікаційним обладнанням [1].

Телекомунікаційне обладнання призначене для забезпечення зовнішнього, внутрішньостанційного зв'язку та управління РС у випадку одночасної роботи двох і більше РС, обміну інформацією між засобами ТВ та пунктами управління.

В зв'язку з чим виникає необхідність відпрацювання загальних вимог до телекомунікаційного обладнання РС ТВ.

Розробка загальних вимог до телекомунікаційного обладнання РС ТВ визначається необхідністю побудови вимірювальних трас полігонного вимірювально-обчислювального комплексу для забезпечення випробувань зразків ОВТ на полігонах Збройних Сил України.

Оснащення телекомунікаційним обладнанням відповідних РС та пунктів управління надає можливість [2]:

- підвищити якість проведення випробувань ОВТ;
- удосконалити систему полігонних випробувань ОВТ;
- здійснювати обмін кодовою та вимірювальною інформацією між взаємодіючими засобами ТВ;
- здійснювати передачу відеоінформації на пункти управління в реальному часі;
- значно скоротити фінансові витрати на проведення випробувань та досліджень установами Міністерства оборони України.

Авторським колективом відпрацьовано проєкт загальних вимог до телекомунікаційного обладнання РС ТВ при проведенні випробувань ОВТ, в якому визначено призначення та склад, сформульовані основні завдання та умови застосування, обґрунтовані вимоги щодо взаємодії та сумісності телекомунікаційного обладнання РС ТВ [3].

### **Список посилань**

1. Вишне夫斯基 В.М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишне夫斯基, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Сочнев А.В. Интерактивная процедура автоматизации проектирования интегральных сетей связи / А.В. Сочнев, С.А. Яковлев // Проблемы системотехники и АСУ: Межвуз. сб. – Л.: 1985. – С. 131-135.
3. Окунев Ю.Б. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи / Ю.Б. Окунев, В.Г. Плотников – М.: Связь, 1976. – 183 с.

УДК: 004.3+004.2+004.5

Терлецький Т.В., канд. техн. наук, доцент

Кайдик О.Л., канд. техн. наук, доцент

Пташенчук В.В., канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, [t.terletskiy@lntu.edu.ua](mailto:t.terletskiy@lntu.edu.ua)

## ВПЛИВ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ВІДЕОКАМЕРИ НА ВИКОНАННЯ КРИТЕРІЇВ ВИРІШЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ЗАДАЧ

Основним параметром, який впливає на процес ідентифікації, є ступінь деталізації зображення і залежить вона від чіткості відображення об'єкта спостереження.

З розвитком відеоспостереження і покращенням роздільної здатності зображення переглядали та вдосконалювали типи та вимоги до оперативних задач [1]. В 2013 році в ЄС вступив у дію стандарт з відеоспостереження EN 50132-7 за назвою «Alarm systems – CCTV surveillance systems for use in security applications» [2]. У цьому стандарті було вперше введено параметр – «просторова щільність пікселів». Він характеризує необхідну кількість пікселів, що має припадати на одиницю ширини об'єкта спостереження віддаленого від відеокамери на певну відстань, для вирішення конкретної оперативної задачі. Відповідно до цих даних, вирішення завдання ідентифікації обличчя людини потребує 250 пікселів на 1 метр лінії спостереження.

Людина зі стандартним зором здатна ідентифікувати знайому особу на обмеженій відстані, яка не перевищує 30...35 м. З огляду на це для дальніх дистанцій цю задачу ставити не доцільно, оскільки це досягається за рахунок об'єктивів з більшою фокусною відстанню.

Стандартний кут спостереження в 30° у 2/3" камери досягається 16 мм об'єктивом, 1/2" камери – 12 мм і 1/3" камери – 8 мм об'єктивом і зображення з них близькі за розмірами сцени до тих, що бачить людина.

Якщо відомо лінійне поле зору  $H_{nz}$  і кількість пікселів матриці  $n_{ш}$  за її шириною, то можна визначити кількість пікселів  $n_{nz}$ , що припадають на одиницю ширини цього поля зору як:

$$n_{nz} = \frac{n_{ш}}{H_{nz}} = \frac{n_{ш}}{L \frac{h_m}{f}}, \quad (1)$$

де  $f$  – фокусна відстань об'єктива, мм;  $h_m$  – ширина матриці відеокамери, мм;  $L$  – відстань до об'єкта спостереження, м.

Щоб визначити кількість пікселів за шириною матриці потрібно врахувати співвідношення її сторін. Для матриці формату 4:3 кількість пікселів за шириною визначається як:

$$n_{ш} = \sqrt{\frac{n_m}{0,75}}, \quad (2)$$

де  $n_m$  – загальна кількість пікселів матриці, шт.

Звідси, просторову зміну роздільної здатності можна визначити за формулою:

$$n_{nz} = \frac{\sqrt{\frac{n_m}{0,75}}}{L \frac{h_m}{f}}. \quad (3)$$

За результатами розрахунків отримано графічну залежність зміни просторової роздільної здатності (вісь  $y$ ) від відстані до об'єкта спостереження (вісь  $x$ ) стосовно фокусної відстані

об'єктива 12 мм при розмірі матриці 1/2" (рис. 1). Крок зміни роздільної здатності матриці приймали в 5 Мп, починаючи з цього значення, а відстань до потенційного об'єкта спостереження у межах від 5 до 100 м з кроком 5 м.

Аналіз графічної залежності показав, що застосування 25 Мп камери відповідає і навіть перевищує усі існуючі вимоги до вирішення різного типу оперативних задач та можливості людського зорового апарату.

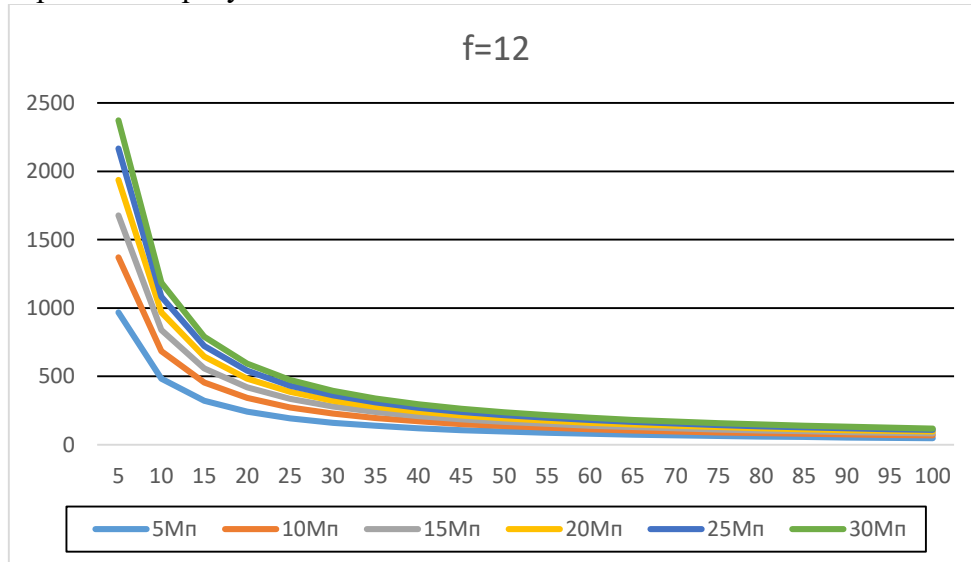


Рис. 1 – Зміна просторової роздільної здатності

З метою підтвердження достовірності отриманих розрахункових даних також проведено моделювання зміни просторової щільності пікселів у спеціалізованому програмному забезпеченні «IP Video System Design Tool 11.0» у діапазоні від 20 до 50 м.

Аналіз результатів (5 і 10 Мп), отриманих розрахунковим шляхом і моделювання, показав на розбіжність у значеннях на відповідній відстані від камери в межах від 5 пкс/м до 2 пкс/м. Це говорить про те, що загальна розбіжність отриманих даних не перевищує загалом 3 %.

Отримані розбіжності можна пояснити відкиданням дробових частин під час теоретичних розрахунків та неточністю позиціонування об'єкта спостереження у програмному середовищі (в межах 0,1...0,3 м) стосовно відеокамери.

Таким чином, у разі появи на ринку відеокамер з роздільною здатністю 25 Мп і масового їх застосування можна буде виключити з етапів проектування системи відеоспостереження перевірку відповідності просторової щільності пікселів вимогам виконання критеріїв оперативних задач.

#### Список посилань

1. Терлецький Т.В., Ткачук А.А., Кайдик О.Л., Цебрук В.Р. Критерії вирішення оперативних задач світових стандартів інформаційних систем CCTV / Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, №41, 2020, С – 218-227. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cit-journal.com.ua/index.php/cit/article/view/211>.
2. Идентификация, распознавание и детектирование людей по европейскому стандарту EN 50132-7. / М. Шумейко // Журнал «Системы безопасности», 2015, №3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://library.tsu.tula.ru/files/elect\\_periodical/system\\_security3.pdf](http://library.tsu.tula.ru/files/elect_periodical/system_security3.pdf).

УДК 004.9:629.086.1 (044)

**Хращевський Р.В.,** докт. техн. наук, професор,  
**Іванець О.Б.,** канд. техн. наук, доцент,  
**Горський О.М.,** канд. техн. наук, доцент,  
Національний авіаційний університет, м. Київ, [olchik2104@ukr.net](mailto:olchik2104@ukr.net)

## **ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНОЇ ПОДІЇ В АВІАЦІЇ**

Успішна роботи систем управління безпекою safety management systems (SMS) потребує розуміння причин авіаційних подій в складній ерготехнічній системі, в якій працюють люди. Тому впровадження проактивного підходу до системи управління безпекою є важливим кроком у постійному підвищенні безпеки авіації. Проактивний підхід в авіаційній сфері пов'язаний з діяльністю, що направлена на запобігання виникнення несприятливих подій шляхом виявлення та усунення небезпек та/або їх тригерів у запланованій діяльності авіаційної системи [1]. Виявлення та оцінювання ризиків є пріоритетними в системі управління авіаційною безпекою та вимагає залучення експертів у цьому поле.

Метою даної роботи є розробка автоматизованої системи до оцінки ризику настання небезпечної події з урахуванням проактивного підходу. У зв'язку з тим, що ймовірність ризику тісно пов'язана з потенційними наслідками, розробка автоматизованих систем з використанням математичних моделей, для прогнозування настання ризикової події на основі експертних оцінок з урахуванням факторів ризику (тригерів) є одним із засобів для впровадження проактивного підходу в авіації. Використання експертного оцінювання при оцінці ризику дозволяє визначити, які небезпеки можуть перерости у шкідливі наслідки за для усвідомлення їх впливу та розробки заходів щодо їх уникнення або мінімізації. У роботі пропонується автоматизована система оцінки ймовірності ризикової події, що дозволяє розрахувати вагові коефіцієнти кожного фактора ризику, на основі якої будується математична модель з урахуванням висновків експертів щодо кожного фактора.

Методологія оцінки ризику за допомогою експертної оцінки являє собою поєднання основних етапів методології управління безпекою та математичних методів розрахунку ваг для побудови математичної моделі прогнозування несприятливих подій та розрахунку коефіцієнта конкордації, що дозволяє врахувати думки експертів, до яких залучається персонал різних підрозділів авіакомпанії, діяльність яких впливає на систему управління безпекою. 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. Але навіть у тих випадках, коли ризик класифікується як прийнятний (прийнятний), якщо є якісь заходи, які можуть додатково знизити рівень ризику і вимагають невеликих зусиль або фінансів, організація повинна їх впровадити. Таким чином, розроблена автоматизована система є центральною складовою методології оцінки ризиків і може бути використана для автоматизації процесу обробки результатів експертних оцінок з можливістю оцінки ступеня узгодженості експертів, виявлення причин їх неоднорідності для формування математичної моделі прогнозування виникнення небезпечної події.

### **Список посилань**

1. Хращевський Р. Особливості проактивного підходу в системі забезпечення безпеки польотів / Р. Хращевський, О. Іванець // Наукоємні технології. – 2021. – 52 (4). – С. 371-388.
2. Барабаш О.В. Інформаційний підхід до забезпечення функціональної стійкості складних організаційних ерготехнічних систем. / О.В. Барабаш, Д.П. Пашков та ін. // Системи обробки інформації. – 2016 – № 9. – С. 86-89.

3. Ivanets O. Features of Evaluation of Complex Objects with Stochastic Parameters. / Ivanets O., Morozova I. // 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, 2021 – p. 159–162.

УДК 004.896:62-519(043.2)

Трофименко М.С., аспірант

Національний авіаційний університет, м. Київ, [2522092@stud.nau.edu.ua](mailto:2522092@stud.nau.edu.ua)

## РОЗРОБКА КОЛІСНОГО МОБІЛЬНОГО РОБОТУ

Актуальність дослідження зумовлена революційним розвитком ІТ-технологій у сучасному світі. На даний момент неможливо уявити собі будь-які масові заходи без використання роботизованої техніки наприклад квадрокоптера, але також є ще один вид роботів – це колісні мобільні робототехнічні комплекси, в яких є функції автономного та дистанційного керування.

Метою роботи є розробка моделі роботу в симуляторі розробки та програмування робототехнічних систем V-Rep і керування нею по власноруч розробленому скрипту керування.

Системи навігації й управління мобільного робота забезпечують отримання інформації від супутників та компасу і в парі з необхідним програмним забезпеченням можуть забезпечити автоматичний рух по точкам та рухи по складним траекторіям.

Проте розробка [1] цих надзвичайно складних робототехнічних засобів стримується відсутністю відкритої комплексної науково-теоретичної бази для розрахунків і конструювання автономних мобільних комплексів з урахуванням новітніх досягнень в галузях навігаційних систем, систем технічного зору, систем аналізу оточуючих обставин і прийняття рішень без участі оператора.

Одним з інструментів моделювання роботизованих систем є безкоштовний програмний комплекс V - REP. На рівні з традиційними підходами до моделювання, які є і в інших тренажерах, V – REP додає декілька додаткових. Цей тренажер має технологію вбудованих скриптів, які замінюють різні типи контроллерів в імітаційній моделі, що дозволяє робити ці моделі надзвичайно портативними і масштабованими.

На рис. 1 демонструється результат керування мобільним роботом у симуляторі розробки та програмування робототехнічних систем V-Rep.

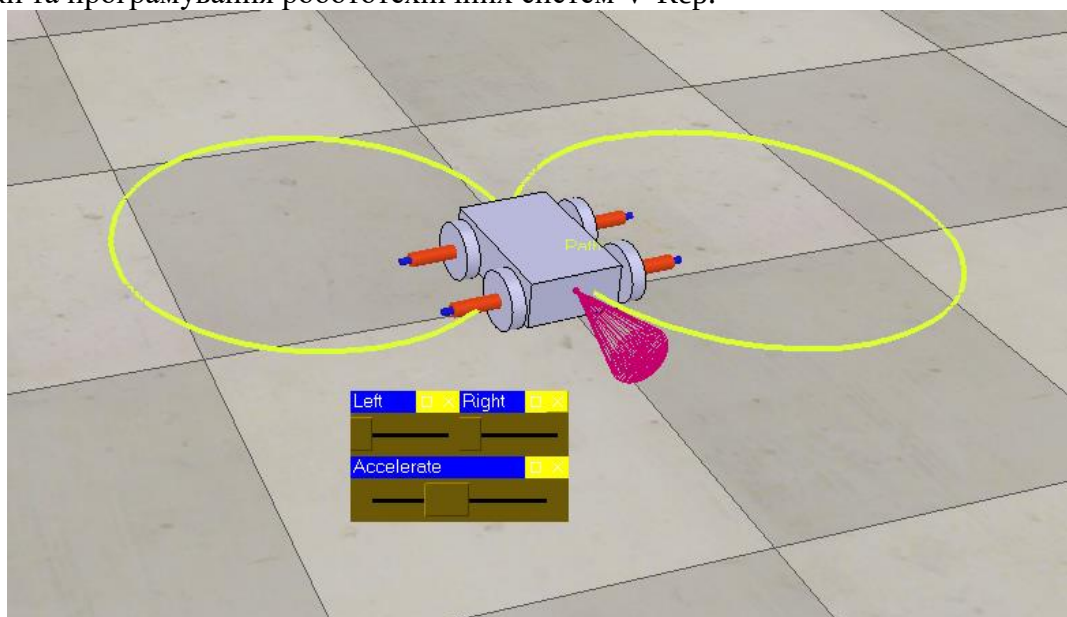


Рис. 1 – Результат керування мобільним роботом

На рис. 2 зображено інтерфейс керування мобільним роботом, в якому є стіки для збільшення частоти обертання переднього лівого, правого коліс та стік для керування задніх коліс.

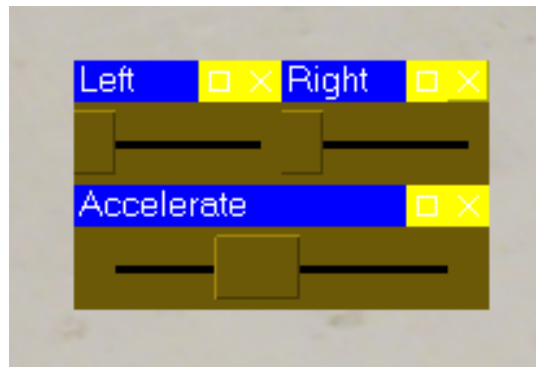


Рис. 2 – Інтерфейс керування мобільним роботом

В наведеному нижче скрипті керування колісним роботом (рис.3) спочатку отримуємо дескриптори кнопок(органів керування), а потім використовуємо значення з slider у виразі для задання швидкості двигунів, для більш плавної зміни швидкості ділимо значення на 100. Керування здійснюється за рахунок зміни швидкості переднього правого та лівого, а також задніх двигунів.

```

1 if (sim_call_type==sim_childscriptcall_initialization) then
2
3     accelerate = simGetUIHandle("Accelerate")
4     right = simGetUIHandle("Left")
5     left = simGetUIHandle("Right")
6     leftMotorFront = simGetObjectHandle("bubble_LeftMotorFront")
7     rightMotorFront = simGetObjectHandle("bubble_RightMotorFront")
8     leftMotorBack = simGetObjectHandle("bubble_LeftMotorBack")
9     rightMotorBack = simGetObjectHandle("bubble_RightMotorBack")
10    noseSensor = simGetObjectHandle("RoboBubble_Rob_sensingNose")
11
12 end
13
14 if (sim_call_type==sim_childscriptcall_actuation) then
15
16     rightSpeed = simGetUISlider(right,6)/100-simGetUISlider(left,5)/100
17     simSetJointTargetVelocity(rightMotorFront,rightSpeed)
18     leftSpeed = simGetUISlider(left,5)/100-simGetUISlider(right,6)/100
19     simSetJointTargetVelocity(leftMotorFront,leftSpeed)
20     Allspeed = simGetUISlider(accelerate,3)/500
21     simSetJointTargetVelocity(leftMotorBack,Allspeed)
22     simSetJointTargetVelocity(rightMotorBack,Allspeed)
23
24 end
    
```

Рис. 3 – Скрипт керування мобільним роботом

Розробка мобільних роботів полегшує велику кількість робіт та застосовується в багатьох сферах життєдіяльності.

Активна участь в створенні вітчизняних мобільних роботів є почесним обов'язком українських фахівців.

#### Список посилань

1. Трофименко М.С., Розробка програмного забезпечення задачі обходу перешкод для керування мобільним роботом/ М.С. Трофименко – Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси(ІРТК), 2020. – 41-45 с.

УДК 519.252

Корнієнко І.В., канд. техн. наук, доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, [cornel@ukr.net](mailto:cornel@ukr.net)

Руденко О.В.,

Кравченко В.С.

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ ПРОГРАМ І МЕТОДИК ВИПРОБУВАННЯ

Створення інформаційної системи супроводження випробувань озброєння та військової (спеціальної) техніки має на меті підвищення ефективності функціонування випробувальної організації. Це можливо завдяки оперативному інформаційному забезпеченню всіх випробувальних процесів, у тому числі розробки програм і методик випробування. Модуль розробки програми випробувань наведений на рис. 1, модуль розробки методик випробування наведений на рис. 2. Основою для розробки програми випробувань має бути шаблон з зазначенням всіх обов'язкових структурних елементів програми. Також можна використовувати елементи програм, що були розроблені для випробувань однотипних зразків ОВТ.



Рис. 1 – Структурно-функціональна схема модулю розробки програми випробувань



Рис. 2 – Структурно-функціональна схема модулю формування методик випробувань

У набір можуть бути включені вже відомі та раніше затверджені методики експериментального дослідження властивостей зразка, або методики, що потребують вдосконалення чи нової розробки.



УДК 629.735.45

Пилипенко О.І., докт. техн. наук, професор  
Кохан В.В., ст. науковий співробітник  
Вусатий Ю.П., науковий співробітник  
Журахов О.В., науковий співробітник  
Сиворакша Д.В., науковий співробітник

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,  
[opilip@ukr.net](mailto:opilip@ukr.net)

## **ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВІДПРАЦЮВАННЯ ВТОМНОГО РЕСУРСУ ВЕРТОЛЬОТНИХ РЕДУКТОРІВ**

Якість виготовлення і ремонту вертольотних редукторів (ВР) визначає льотні характеристики і надійність вертольоту в цілому. Тому виникає необхідність здійснення комплексного тестування (моніторингу) ВР на всіх можливих режимах наступної експлуатації. Така перевірка здійснюється на спеціалізованих випробувальних стендах, які повністю імітують роботу ВР на вертольоті в реальних умовах експлуатації та виконують вимірювання основних параметрів.

Існуючі засоби неруйнівного контролю не дозволяють виявити всі пошкодження і тріщини, які в подальшому можуть стати причиною граничних станів. Є достатньо велика ймовірність пропуску дефектів по причині недосконалості апаратури, недбалості оператора або недоступного розташування дефектів, використання необгрунтованої періодичності контролю. Наприклад, якщо періодичність оглядів не узгоджена з часовими параметрами зародження і розповсюдження втомних тріщин, це може призвести до формування дефектів критичних розмірів і, як наслідок, до руйнування конструкції [1].

Методологія оцінки наявного технічного стану і прогнозування індивідуального залишкового ресурсу вертольоту в експлуатації базується на використанні поточної інформації від об'єктів контролю, яка надходить по двох напрямках: це дані поточного (оперативного) пошуку дефектів у процесі експлуатації і дані про навантаження та інші умови взаємодії об'єкта контролю з навколишнім середовищем. При цьому контроль може бути безперервним (моніторинг) або дискретним (наприклад, пристосованим до планових профілактичних оглядів).

Вирішення проблеми отримання такої інформації, її обробки і прийняття рішень щодо стратегії технічного обслуговування кожного зразка авіаційної техніки, а також прогнозування його залишкового ресурсу повинно реалізовуватись у рамках комплексних інтелектуальних систем моніторингу (KICM) життєвого циклу літального апарату. До різновиду таких систем можна віднести розроблені і впроваджені бортові системи безперервного контролю технічних систем Structural Health Monitoring (SHM).

SHM передбачає безперервний і автономний контроль пошкоджень, навантаженості, взаємодії елементів конструкцій з навколишнім середовищем, екологічних параметрів за допомогою постійно прикріплених або вбудованих систем давачів (сенсорів). Встановлення різних типів давачів на конструктивні елементи мають на меті визначення фізичних і силових впливів на їх міцність і довговічність. Кінцевою метою цих розробок є створення системи-аналога нервовій системі людини, яка могла б, окрім виявлення дефектів та пошкоджень, реагувати адекватно на їх наявність і видавати відповідні рекомендації обслуговуючому персоналу [2].

Ефективним напрямком експлуатаційного діагностування найбільш напружених вузлів – зубчастих передач редукторів газотурбінних двигунів (ГТД) є методи аналізу сигналів вібрацій корпусу двигуна. Актуальною задачею є розробка і впровадження ефективних методів експлуатаційного діагностування зубчастих передач, які дають можливість чітко виділити в сигналі вібрацій корпусу двигуна ознаки відхилень характеристик деталей

редуктора від штатного стану і доповнити автоматичну систему аналізу технічного стану роторних деталей ГТД п'ятого і шостого поколінь. Своєчасна локалізація і усунення відхилень характеристик деталей дозволять збільшити надійність, зменшити витрати на ремонт і покращити акустичні параметри ГТД [3].

Протягом циклу перезачеплення жорсткість пари зубців, що беруть участь у передачі крутного моменту, змінюється декілька разів, при цьому відбувається згинальна деформація зубців у пружній області з відповідною зміною кроків зачеплення. Це, у свою чергу, може призвести до пластичної деформації в зоні двопарного зачеплення. Одночасно з зубом деформуються: вал на кручення, шліцеві з'єднання валу і деталі підшипників опор на згин.

Сигнал, пропорційний енергії переспряження, передається на опори валів і розповсюджується по корпусних деталях двигуна до чутливого елемента давача вібрацій. У випадку експлуатаційного дефекту зуба – тріщини, викрешування, зміни маси (зношування, зміни геометрії поверхні) буде змінюватися функція лінійної деформації зуба в просторі часу, що впливає на енергію вібрацій.

Аналіз динаміки процесу передачі крутного моменту парою зубців на інтервалі часу передачі ними цього моменту дозволяє зробити висновок про негармонічний характер сигналу зубцевої частоти, який має, як правило, два максимуми – при вході в зачеплення і виході з нього.

Основною функцією, яка характеризує енергетичну ефективність передачі крутного моменту і є чутливою до зародження дефектів зубців шестерен, можна вважати девіацію параметру першої похідної кутової швидкості переспряження зубців.

Сумісний аналіз функцій амплітуди зубцевих вібрацій і вхідного сигналу дозволяє зробити висновок про вібраційну якість зубчастої пари і кількісний склад перешкод у вихідному сигналі корпусу двигуна.

Програмне забезпечення працює з сигналом штатного давача вібрацій корпусу ГТД і може доповнювати бортову або стендову автоматичну систему аналізу технічного стану зубчастих передач ГТД п'ятого і шостого поколінь.

Сучасний розвиток мікропроцесорної та обчислювальної техніки дає можливість створювати діагностичні комплекси, які мають забезпечувати ефективний контроль поточного технічного стану складних систем і достатньо обґрунтоване прогнозування "експлуатаційного ресурсу" їх найбільш відповідальних елементів [1]. Проте, широке практичне застосування ресурсного прогнозування вимагає розвитку ряду наукових і практичних додатків, зокрема таких, як прогнозування залишкового ресурсу зубчастих коліс за даними періодичного моніторингу динаміки зачеплення під час ресурсних випробувань.

#### Список посилань

1. Перспективы использования бортовых автоматизированных систем контроля выработки усталостного ресурса авиационных конструкций / С. Игнатович, М. Карускевич, Н. Бурау, В. Краснопольский // Вісник ТНТУ. – 2011. – Спецвыпуск – частина 2. – С. 136-143.
2. Boller C. Fatigue in aerostructures – where structural health monitoring can contribute to a complex subject. [Електронний ресурс] / C. Boller, M. Buderath // Philos. Transact. Royal Soc. – Режим доступу до інформації: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/365/1851/561.full>.
3. Папчѐнков А.В. Эффективность спектральных методов диагностического контроля технического состояния зубчатых передач ГТД. / А.В. Папчѐнков // Вестник двигателестроения. – 2015. – № 2. – С. 125-132.

УДК 519.872.4

Корнієнко С.П., канд. техн. наук, доцент  
 Національний університет «Чернігівська політехніка», [cornel@ukr.net](mailto:cornel@ukr.net)  
 Шевага В.В.,  
 Казначей С.М.

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів

## ЕТАПНІСТЬ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СУПРОВОДЖЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

Одним з важливих напрямків підтримки і розвитку обороноздатності держави є оснащення Збройних Сил сучасними видами озброєння і військової техніки. Останніми роками, внаслідок агресії Росії на сході України, спостерігалось суттєве зростання темпів розробки і прийняття на озброєння новітніх зразків озброєння і військової техніки. Це обумовлює зростання потреби у своєчасному і якісному проведенні випробувань новітньої модернізованої вітчизняних зразків озброєння і військової техніки, чому має сприяти інформаційна система супроводження випробувань озброєння та військової техніки.

Враховуючи тривалий період створення повнофункціональної інформаційної системи, а також спіральну модель розробки програмного продукту [1], на даному етапі робіт по створенню інформаційної системи була сформована етапність створення версій програмного продукту. Для цього проведено аналіз відповідності функціональних модулів системі критеріїв готовності до програмування. Для оцінки відповідності введені бальні значення для критеріїв: відповідає (1), не відповідає (-1), частково відповідає (0). Для вирівнювання оцінок підсистем, що мають різну кількість функціональних модулів здійснено їх нормування. Можливості функціонального нарощування при умовному найменуванні модулів у підсистемах наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Аналіз можливості функціонального нарощування інформаційної системи

| Найменування підсистеми         | Підсистема менеджменту випробувань ОВТ |    |    |    | Підсистема управління вхідним потоком |    |   |    |    | Підсистема планування випробувань |    |    |    |    |    | Підсистема випробувань та обробки результатів дослідів |    |    | Підсистема підготовки результатів випробувань |    |    |
|---------------------------------|----------------------------------------|----|----|----|---------------------------------------|----|---|----|----|-----------------------------------|----|----|----|----|----|--------------------------------------------------------|----|----|-----------------------------------------------|----|----|
| Порядковий № модулів            | 1                                      | 2  | 3  | 4  | 5                                     | 6  | 7 | 8  | 9  | 10                                | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16                                                     | 17 | 18 | 19                                            | 20 | 21 |
| Базові функції                  | -1                                     | -1 | 1  | -1 | 1                                     | 1  | 1 | 1  | 1  | -                                 | -  | -  | -  | -  | 0  | 1                                                      | 0  | 1  | 1                                             | 0  | 1  |
| Тривале інформаційне наповнення | -1                                     | -1 | -1 | -1 | -1                                    | -1 | 1 | -1 | -1 | -                                 | -  | -  | -  | -  | 1  | 1                                                      | -1 | -1 | -1                                            | 0  | -1 |
| Підготовленість апарату         | -1                                     | -1 | -1 | -1 | -1                                    | -1 | 0 | -1 | -1 | -                                 | -  | -  | -  | -  | -1 | -1                                                     | -1 | -1 | -1                                            | -1 | -1 |
| Функціональна пов'язаність      | -1                                     | 0  | 1  | 0  | 1                                     | 0  | 1 | 1  | 1  | -                                 | -  | -  | -  | -  | 1  | 1                                                      | 1  | 1  | 1                                             | 0  | 0  |
| Загальна зведена оцінка         | -2,5                                   |    |    |    | 0,4                                   |    |   |    |    | 1                                 |    |    |    |    |    | 0,3                                                    |    |    | -0,6                                          |    |    |
| Прототип 2                      | -                                      | -  | -  | -  | +                                     | +  | + | +  | +  |                                   |    |    |    |    | +  | +                                                      | +  | +  | +                                             | -  | -  |

### Список посилань

1. Корнієнко С.П. Обґрунтування моделі процесу розробки інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ ЗСУ / С.П. Корнієнко, І.В. Корнієнко, В.В. Шевага, О.В. Руденко, В.С. Кравченко // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів : ДНДІ ВС ОВТ, 2021. – Вип. № 2(8). – С. 44-55.

УДК 303.725.22

Корнієнко С.П., канд. техн. наук, доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, [cornel@ukr.net](mailto:cornel@ukr.net)

Жирна О.В.,

Телевна Т.П.

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів

## СПОСІБ ОЦІНЮВАННЯ ПОВ'ЯЗАНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ У СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ

Для рішення задач всебічної інформаційної підтримки випробувань зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) у Державному науково-дослідному інституті випробувань і сертифікації ОВТ розробляється автоматизована інформаційна система супроводження випробувань ОВТ. Початкові етапи створення інформаційних систем передбачають проведення системного аналізу інформаційних процесів, які відбуваються у системі. Для одержання адекватної оцінки пов'язаності інформаційних потоків, що циркулюють у системі, запропоновано спосіб одержання кількісного показника на етапі функціонального моделювання складних систем за допомогою графічної нотації IDEF0 і з використанням засобів автоматизованого проектування. При цьому інформаційна пов'язаність функцій визначається оцінкою:

$$Q_i = \frac{m \sum_{i=1}^{N_i} \omega_i + 1 - n}{m \sum_{i=1}^{N_i} \omega_i}, \quad (1)$$

де  $m$  – масштаб співвідношення шкал IDEF0 і ваги зв'язку при визначенні оцінки пов'язаності функцій;

$\omega_i$  – вага зв'язку  $i$ -го типу;

$n$  – загальна кількість функцій функціональної моделі.

Оцінка (1) має чіткі логічні межі і чутлива до зміни параметрів оцінюваної моделі. Зважаючи на різну важливість зв'язків, що передбачено інтерфейсом графічної нотації IDEF0, запропоновано використання шкали вагомості типу зв'язку (табл. 1), що забезпечує відображення в оцінці пов'язаності функцій сильних або слабких типів зв'язків, і, відповідно, успішності й раціональності конфігурації функціональної моделі.

Таблиця 1 – Відповідність вагомості типу пов'язаності IDEF0 та ваги зв'язку при визначенні оцінки пов'язаності функцій

| Вагомість IDEF0 | Тип пов'язаності | Вага зв'язку при визначенні оцінки пов'язаності функцій, $\omega$ |                                     |                                   |
|-----------------|------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
|                 |                  | Масштаб співвідношення шкал $m=1$                                 | Масштаб співвідношення шкал $m=0,5$ | Масштаб співвідношення шкал $m=2$ |
| 0               | Випадкова        | 1/4                                                               | 1/2                                 | 1/8                               |
| 1               | Логічна          | 1/3                                                               | 2/3                                 | 1/6                               |
| 2               | Часова           | 1/2                                                               | 5/6                                 | 1/4                               |
| 3               | Процедурна       | 1                                                                 | 1                                   | 1                                 |
| 4               | Комунікаційна    | 2                                                                 | 4/3                                 | 4                                 |
| 5               | Послідовна       | 3                                                                 | 5/3                                 | 6                                 |
| 6               | Функціональна    | 4                                                                 | 2                                   | 8                                 |

Використання запропонованого способу оцінювання дозволить порівнювати структури функціональних моделей складних систем ще на етапі передпроектних досліджень.

УДК 623.618.681.3

Артикула А.Г., ст. наук. співробітник,  
Ветошкіш О.Г., наук. співробітник,  
Феськов О.С., мол. наук. співробітник

ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,  
[niv\\_dndi@ukr.net](mailto:niv_dndi@ukr.net)

## **СТВОРЕННЯ НОВІТНІХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИПРОБУВАННЯМИ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

Послідовність зовнішньої політики щодо інтеграції України в міжнародні структури безпеки зумовила необхідність корінного реформування Збройних Сил (ЗС) України та їх переозброєння.

Особливе занепокоєння викликає процес переозброєння, оскільки на даний час більшість основних зразків озброєння та військової техніки (ОВТ), які стоять на озброєнні ЗС України, практично вичерпали свої ресурси і терміни зберігання, а окремі роботи по їх продовженню кардинально проблему не вирішують.

Прийняття на озброєння нового або модернізованого ОВТ в сучасних умовах характеризується необхідністю вибору між вітчизняними розробками ОВТ, порядок створення яких в Україні більш-менш врегульовано нормативно-правовою і нормативно-технічною базою, та іноземними зразками ОВТ.

Одночасно вітчизняні підприємства оборонно-промислового комплексу та приватні підприємства (фірми, конструкторські бюро і т.д.) інтенсивно пропонують свої розробки на міжнародний ринок озброєння.

Створення якісного кінцевого продукту вимагає проведення повного циклу випробувань із одночасним забезпеченням, перш за все, необхідного рівня безпеки, що реалізувати без спеціалізованого полігонно-вимірального комплексу практично неможливо.

В будь-якому випадку, чи то закупівля ОВТ у закордонних фірм, чи пропозиції ОВТ вітчизняних підприємств, всі ці роботи вимагають державного підходу і контролю з боку науково-випробувальної установи за державними та приватними підприємствами (фірмами) в галузі створення, модернізації, випробувань та експлуатації ОВТ, а також уникнути прийняття помилкових рішень при її постачанні від закордонних фірм або для іноземних замовників.

Прийняття на озброєння якісного нового або модернізованого ОВТ може забезпечити тільки чітка військово-технічна політика з розвитку ОВТ, заснована на взаємопов'язаних організаційно-методичних і загально-технічних державних стандартах проведення випробувань, як найважливішою стадією життєвого циклу зразка ОВТ, що включають дослідження і обґрунтування розробки, розробку, випробування, виробництво, експлуатацію зразка ОВТ і його ремонт.

Забезпечити безперервність випробувального процесу (військово-науковий супровід створення або модернізації ОВТ, проведення попередніх випробувань, програмне і методичне забезпечення державних випробувань, отримання в ході випробувань необхідних даних для оцінки ОВТ на відповідність заданим тактико-технічним вимогам і відпрацювання Акту за результатами випробувань нових або модернізованих ОВТ) і пов'язану з цим діяльність науково-випробувальної установи може і повинна бути створена АСУ випробуваннями для прийняття управлінських рішень на командному рівні в структурі державного оборонного замовлення ОВТ і уникнення прийняття помилкових рішень при постачанні ОВТ від закордонних фірм або для іноземних замовників.

### **Список посилань**

1. Автоматизація випробувань [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://studfile.net/preview>

УДК 621.396

**Герасимов С.В., докт. техн. наук, професор**  
Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків,  
[gsvnr@ukr.net](mailto:gsvnr@ukr.net)

**Гаценко Л.В., аспірантка**  
Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ,  
[hatsenkodetut@gmail.com](mailto:hatsenkodetut@gmail.com)

## **МОДЕЛЮВАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ СИГНАЛІВ СПЕЦІАЛЬНОЇ ФОРМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ**

Характерними особливостями існуючого парку радіоелектронного обладнання (РЕО) є його складність, підвищені вимоги до точності та технічної готовності, широке впровадження систем технічної діагностики, випробувань і прогнозування, автоматизація процесів управління та контролю [1]. Розробка, удосконалення та експлуатація РЕО вимагають рішення великої кількості завдань, пов'язаних із забезпеченням необхідної точності, оперативності та вартості контролю його технічного стану [2].

Детальний аналіз застосування різних видів сигналів, які синтезуються існуючими генераторами, дозволяє стверджувати, що значне поширення в контрольно-вимірювальній техніці мають сигнали синусоїдальної (квазісинусоїдальної) форми. До їх основних переваг слід віднести високу точність і простоту обробки вимірювальної інформації. Але сигнали подібної форми неоптимальні та неефективні при контролі й дослідженні параметрів РЕО, де інформативним параметром є форма та спектральний склад вхідного сигналу. Це обумовлено тим, що для виконання вимірювальних операцій треба послідовно задавати контрольні частоти вимірювального сигналу, а це значно знижує оперативність і підвищує трудомісткість контролю [3].

Цього істотного недоліку можна уникнути, якщо для визначення технічного стану РЕО використовувати сигнали спеціальної форми, спектральний склад яких охоплює усі його контрольні частоти. До основних критеріїв синтезу сигналів спеціальної форми пропонується віднести наступне: сигнал повинен мати необхідні метрологічні характеристики; основна доля потужності сигналу повинна знаходитися в діапазоні контрольних частот; сигнал повинен мати високі показники завадозахищеності; схемна реалізація генератора має бути максимально простою.

Усі методи синтезу вимірювальних сигналів умовно діляться на традиційні (засновані на використанні класичних принципів) і нетрадиційні (у основу яких покладено застосування передових інформаційно-вимірювальних технологій, таких як цифрова обробка та цифровий синтез сигналів).

Застосування аналогових функціональних формувачів (методи синтезу, що відносяться до першої групи) на сьогодні доцільне в області високих і надвисоких частот. У той же час, високі темпи удосконалення електронної бази і інформаційних технологій поступово розширюють частотний діапазон вихідних сигналів цифрових генераторів. Отже, генератори сигналів спеціальної форми дозволять підвищити якість контролю технічного стану РЕО.

### **Список посилань**

1. Herasimov, S. Method justification nomenclature control parameters of radio systems and purpose of their permissible deviations [Text] / S. Herasimov, V. Gridina // Information processing systems. – 2018. – № 2 (153). – P. 159 – 164. – DOI: 10.30748/soi.2018.153.20.
2. Чинков, В.М. Дослідження та обґрунтування критеріїв оптимізації вимірювальних сигналів для контролю технічного стану систем автоматичного управління (Текст) / В.М. Чинков, С.В. Герасимов // Український метрологічний журнал. – 2013. – № 4. – С. 43 – 47.
3. Войтенко, С.С. Напрями удосконалення системи контролю технічного стану зразків озброєння та військової техніки (Текст) / С.С. Войтенко, С.В. Герасимов, В.В. Куценко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 3 (24). – С. 127 – 131.

УДК 621.396

Іохов О.Ю., докт. техн. наук, доцент  
Тимченко С.Ю.

Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, [iohov@ukr.net](mailto:iohov@ukr.net)

## МОДЕЛЮВАННЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗРАЗКІВ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Сьогодні спостерігається тенденція збільшення життєвого циклу складних технічних об'єктів, у тому числі зразків спеціальної техніки, основу яких складають радіоелектронні засоби (РЕЗ). Переважно РЕЗ відповідають за управління, ефективність функціонування зразків спеціальної техніки та впливають на надійність їх експлуатації. Це є причиною того, що витрати на обслуговування під час експлуатації, пов'язані з підтриманням об'єктів у працездатному стані, можуть бути на рівні або перевищувати витрати на придбання [1]. Складність процедури контролю технічного стану РЕЗ, високі вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу, неоптимальні терміни періодичності обслуговування – все це є причинами збільшення вартості експлуатації зразків спеціальної техніки, до складу яких входять РЕЗ [2].

Розв'язання проблем оптимальної експлуатації сучасних РЕЗ вимагає виконання вимірювальних операцій і обробки великих потоків вимірювальної інформації, її зберігання та компактного представлення, а також широкого використання вимірювальної техніки разом з обчислювальною [3]. Це призводить до переходу від автономних засобів контролю до комплексних вимірювальних систем – контрольно-діагностичної апаратури (КДА) для контролю технічного стану зразків спеціальної техніки.

Для розробки імітаційної моделі КДА з безперервним часом експлуатації пропонується використати математичний апарат систем масового обслуговування – марківські випадкові ланцюги. Зазначимо, що математичні моделі експлуатації КДА у галузі контролю технічного стану об'єктів, які були описані у відомій літературі, не враховують сучасні тенденції розвитку технічної сфери, а саме широке впровадження цифрових засобів контролю, які на відміну від аналогових, мають переваги за всіма напрямками. Так, завдяки оснащенню КДА сучасними цифровими засобами контролю, пропонується ввести до моделі експлуатації нові стани, в яких може знаходитися КДА, а саме: за елементна перевірка складових апаратури; заміна несправного елемента модульної апаратури на справний; самодіагностування окремих елементів апаратури; діагностування програмних засобів апаратури. Удосконалена імітаційна модель експлуатації КДА дозволить визначити технічні вимоги до перспективної апаратури, яка здатна замінити застарілі зразки.

Запропонована імітаційна модель експлуатації перспективної КДА із застосуванням теорії марківських випадкових процесів більш повно описує процес експлуатації всього контрольно-діагностичного комплексу. Імітаційна модель експлуатації КДА дозволяє одержати оцінки ефективності її застосування за призначенням у заданих умовах експлуатації з урахуванням характеристик надійності складових засобів (елементів).

### Список посилань

1. Herasimov, S. Method justification nomenclature control parameters of radio systems and purpose of their permissible deviations [Text] / S. Herasimov, V. Gridina // Information processing systems. – 2018. – № 2 (153). – P. 159 – 164. – DOI: 10.30748/soi.2018.153.20.
2. Чинков, В.М. Дослідження та обґрунтування критеріїв оптимізації вимірювальних сигналів для контролю технічного стану систем автоматичного управління (Текст) / В.М. Чинков, С.В. Герасимов // Український метрологічний журнал. – 2013. – № 4. – С. 43 – 47.
3. Войтенко, С.С. Напрями удосконалення системи контролю технічного стану зразків озброєння та військової техніки (Текст) / С.С. Войтенко, С.В. Герасимов, В.В. Куценко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 3 (24). – С. 127 – 131.

УДК 631.67:63.001.05;63.001.57

Поліщук В.В., канд. с.-г. наук,  
Бутенко Я.О., канд. с.-г. наук,  
Салюк А.Ф., наук. співробітник

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ, [vitaliypolishchuk@ukr.net](mailto:vitaliypolishchuk@ukr.net)  
Жовтоног О.І., доктор. с.-г. наук, професор  
ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку, НАН України», м. Київ,  
[olgazhovtonog10@gmail.com](mailto:olgazhovtonog10@gmail.com)

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЗРОШЕННІ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Світова наукова спільнота приділяє велику увагу пошуку шляхів та методів підвищення якості прийняття рішень у сільськогосподарському виробництві, зокрема у зрошувальному землеробстві за рахунок впровадження новітніх методів і технологій управління, впровадження інформаційних систем [1].

В Інституті водних проблем і меліорації НААН розроблено декілька поколінь інформаційних систем [2], які адаптовано до вимог сучасного аграрного виробництва та відповідають кращим закордонним аналогам. Так, для вирішення задач оперативного планування зрошення, розроблено інформаційну систему «ГІС-Полив» [3], що застосовує у своєму складі геоінформаційні технології, методи сучасного наземного та космічного агромоніторингу. Впровадження «ГІС-Полив» здійснюється з використанням Інтернет-платформи, що сприяє ресурсоефективному управлінню зрошенням та адаптації зрошувального землеробства до змін клімату.

Проведені у виробничих умовах дослідження з використанням даних наземних та космічних спостережень дозволили розширити можливості використання матеріалів космічних знімків у задачах оперативного управління зрошенням та удосконалити інформаційну систему «ГІС-Полив», а саме: уточнити параметри моделей розрахунку сумарного водоспоживання сільськогосподарських культур (біологічні коефіцієнти) та нормативну базу їх розвитку (глибина основної маси кореневої системи). При цьому використано біокліматичний метод визначення сумарного водоспоживання рослин, який має переваги в частині його простоти, точності і доступності розрахунку. Точність визначення витрат вологи, розрахованого за цим методом, становить  $\pm 10-15\%$ . Метод ґрунтується на залежності сумарного водоспоживання від дефіциту вологості повітря і особливостей рослин, які характеризуються коефіцієнтом біологічної кривої рослини. Біологічна крива є залежністю випаровування вологи з ґрунту (мм), що витрачається на покриття дефіциту вологості повітря в 1 мілібар, від температури повітря. Такі криві встановлені для окремого виду культур і різних періодів їх вегетації, виражених сумою температур від моменту сходів з урахуванням поправок на довжину світлового дня. Розрахунок сумарного водоспоживання за біокліматичним методом виконують за залежністю:

$$E = k_6 \sum d, \text{ мм}, \quad (1)$$

де  $E$  – сумарне водоспоживання за розрахунковий період;

$k_6$  – значення коефіцієнта біологічної кривої за певний період, мм/мб;

$\sum d$  – сума дефіцитів вологості повітря за певний період, мб.

Крім того обґрунтовано додаткові вимоги щодо планування поливів у екстремальних кліматичних умовах та виробничих реаліях:

а) при наявності повітряної засухи, в результаті якої спостерігається пригнічення росту рослин;

- б) при зупинці росту рослин понад 4-7 днів;  
в) при необхідності проведення обробки посівів гербіцидами та здійсненні інших операцій.

Для оперативної діагностики причин незадовільного стану та розвитку сільськогосподарських культур у складі ІС «ГІС-Полив» розроблено моделі та алгоритми, які за даними щотижневих космічних спостережень за динамікою біомаси рослин та листовим індексом, а також на основі результатів моделювання динаміки вологозапасів у ґрунті та потенціалу росту біомаси, дозволяють розпізнавати причини відхилення росту та розвитку рослин від оптимального рівня [4]. За результатами діагностики стану та розвитку рослин пропонуються відповідні оперативні чи довгострокові рішення з удосконалення якості управління технологіями зрошувального землеробства.

На рисунку наведено схема функціонування інформаційної системи оперативного планування зрошення «ГІС-Полив».

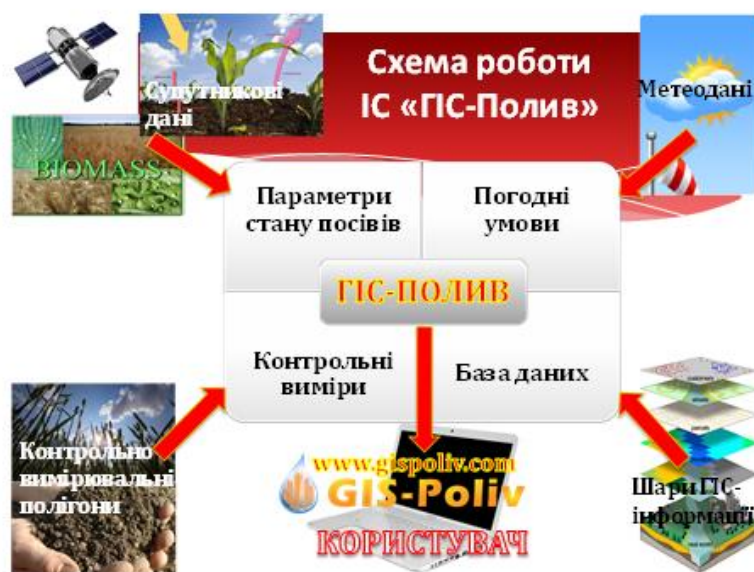


Рис. 1 – Схема функціонування інформаційної системи оперативного планування зрошення «ГІС-Полив»

Результати апробації та дослідної перевірки ІС «ГІС-Полив» у виробничих умовах показали, що поряд з ефектом збереження водних та енергетичних ресурсів (до 300 грн/га (2018р)), система сприяє підвищенню виробничої дисципліни фахівців господарства, значно знижує ризики прийняття помилкових рішень та надає можливість керівництву господарства володіти різнобічною інформацією про якість управління технологіями зрошувального землеробства у господарстві, а також оцінювати вплив метеорологічних умов та інших факторів, що пов'язані з незадовільним технічним станом зрошувальної мережі.

#### Список посилань

1. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 14 серпня 2019 р. № 688-р. Київ. – 13с.
2. Ромащенко М.І. Інформаційне забезпечення зрошувального землеробства. Концепція, структура, методологія організації / М.І. Ромащенко та ін. – Київ: Аграрна наука, 2005. –196 с.
3. Комп'ютерна програма «Інформаційна система оперативного планування зрошення ІС«ГІС Полив» («ІС «ГІС Полив»»)), автори: Жовтоног О.І., Філіпенко Л.А., Деменкова Т.Ф., Бабич В.А., Поліщук В.В. (Свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір № 54650 від 07.05.2014)
4. Polishchuk, V., Zhovtonog, O., Saliuk, A., Butenko, Y., & Chorna, K. (2021, December). Model Complex of Information System “GIS Poliv” and Remote Sensing Data use to Adjust Model Parameters. In 2021 IEEE 3rd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT) (pp. 211-214). IEEE.

УДК 004(07):74

Пастернак В.В., канд. техн. наук  
 Луцький національний технічний університет, [Shyberko@ukr.net](mailto:Shyberko@ukr.net)

## ЕВОЛЮЦІЯ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

Сучасне людство перейшло в епоху інформатизації – період свого розвитку, який спрямовано на повне використання достовірного, вичерпного і сучасного знання в усіх сферах людської діяльності [1]. Завдяки процесу інформатизації створюється нова суспільна ланка – інформаційне суспільство, яке в свою чергу характеризується високим рівнем інформаційних технологій, розвинутими інфраструктурами, які забезпечують виготовлення інформаційних ресурсів і можливість доступу до інформації, прискоренням процесів автоматизації обробки інформації, радикальними змінами соціальних структур, внаслідок чого відбувається розширення сфери інформаційної діяльності [1]. Тому необхідно більше уваги приділяти основним етапам дослідження інформатизації, яка створюється на базі ЕОМ (електронно-обчислювальних машин) та за допомогою сучасних комп'ютерних технологій.

На рис. 1 представлена структурна схема інформаційних систем та технологій.

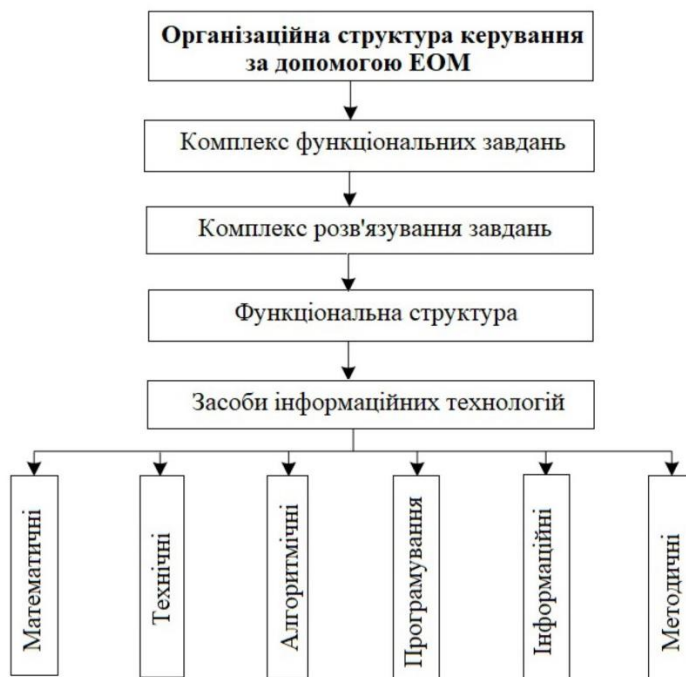


Рис. 1 – Структурна схема інформаційних систем та технологій

Слід відмітити, що інформаційні системи, що створюються на базі ЕОМ, мають свої особливості та переваги: за допомогою ЕОМ в інформаційній системі можна зберігати більше інформації, ніж у системах ручного і механізованого типу; інформацію за допомогою каналів зв'язку можна передавати іншим інформаційним системам, користувачам; інформацію можна зосереджувати в одному місці незалежно від місця її одержання.

### Список посилань

1. Домарьов В.В. Безпека інформаційних технологій. Системний підхід / В.В. Домарьов – К.: Наука, 2004. – 992 с.

УДК 621.396

**Кукобко С.В., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник**  
Державний НДІ випробувань і сертифікації ОВТ, м. Чернігів, [ksv2377kh@ukr.net](mailto:ksv2377kh@ukr.net)  
**Рошупкін Є.С., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник**  
Харківський національний університет повітряних сил, м. Харків, [reszzz76@gmail.com](mailto:reszzz76@gmail.com)

## **МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

У теперішній час спостерігається тенденція збільшення тривалості життєвого циклу виробів наукоємної продукції, до яких безумовно, відноситься майже весь перелік продукції авіаційної промисловості, у тому числі безпілотні літальні апарати (БПЛА). Для складних БПЛА витрати на технічне обслуговування, які пов'язані з підтримкою виробів у працездатному стані, можуть перевищувати витрати на його придбання [1]. Проблеми, пов'язані зі зменшенням вартості експлуатації, вирішуються за допомогою моделювання матеріальних потоків у системах технічного обслуговування [2].

Задача оптимізації характеристик системи технічного обслуговування БПЛА, що має локальний характер для невеликого числа технічних параметрів контролю за одним показником, – за критерієм достовірності визначення технічного стану БПЛА при обмеженні на вартість вирішувалися раніше [3]. При цьому визначалися лише чотири оптимальні параметри системи: періодичність і тривалість контролю, кількість параметрів контролю та номенклатура засобів контролю. Знаходили мінімум вартості відповідної складової системи при збереженні заданого рівня достовірності контролю технічного стану БПЛА як функції якості методом множників Лагранжа в звичайному числовому вигляді.

Запропонована пуассонівська модель матеріальних потоків у системах технічного обслуговування БПЛА, яка на відміну від відомих моделей, має ряд переваг:

- простота опису величин інтенсивностей стаціонарних інтенсивностей в нестационарних випадках, що забезпечується мінімальним обсягом апріорної інформації у разі елементарних потоків;

- наявність граничної властивості, яка виражається в тому, що підсумовування довільних потоків із сумарними інтенсивностями дає потік, який асимптотично (за числом доданків) сходиться до пуассонівського з сумарною інтенсивністю.

Запропонована модель системи технічного обслуговування БПЛА дозволяє знаходити раціональні характеристики цієї системи з урахуванням вимог до інформативності, надійності передавання та збереження інформації про технічний стан БПЛА.

Це відповідає стратегії під назвою «обслуговування за напрацюванням», реалізованої у вигляді профілактичних замінів.

### **Список посилань**

1. Herasimov, S. Method justification nomenclature control parameters of radio systems and purpose of their permissible deviations / S. Herasimov, V. Gridina // Information processing systems. – 2018. – № 2 (153). – P. 159 – 164. – DOI: 10.30748/soi.2018.153.20.

2. Чинков, В.М. Дослідження та обґрунтування критеріїв оптимізації вимірювальних сигналів для контролю технічного стану систем автоматичного управління / В.М. Чинков, С.В. Герасимов // Український метрологічний журнал. – 2013. – № 4. – С. 43 – 47.

3. Войтенко, С.С. Напрями удосконалення системи контролю технічного стану зразків озброєння та військової техніки / С.С. Войтенко, С.В. Герасимов, В.В. Куценко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 3 (24). – С. 127 – 131.

УДК 004.056.5

Тарасенко Ю.С., канд. фіз. - мат. наук, доцент

Клим В.Ю., канд. техн. наук

Савченко Ю.В., канд. техн. наук, доцент

Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро, [v0123klim@gmail.com](mailto:v0123klim@gmail.com)

## **КІБЕРФІЗИЧНІ МОЖЛИВОСТІ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Кіберфізичні системи (КФС) – це інтелектуальні системи, що включають в себе інженерно-взаємодіючі мережі фізичних та обчислювальних компонентів, тобто через комп'ютерні мережі і вбудовані контролери забезпечується (автономно або за участю людини) управління фізичними процесами за допомогою реалізації зворотних зв'язків [1].

Сучасні КФС мають широкий спектр призначення, зокрема для забезпечення захисту об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ). При цьому, «не існує єдиної “мови” створення КФС, яка б інкапсулювала відмінності у підходах до розроблення компонент КФС на її різних рівнях» [2]. Однак, згідно [2], є «три основні тенденції у спробах запропонувати уніфікований підхід до побудови КФС», з яких «на найбільш базовому рівні структура КФС формується з» сіми основних компонент. Їх функціональна повнота аналогічна побудові структурно-логічної та структурно-функціональної схемам (СЛС та СФС) при реалізації радіолокаційних систем виявлення, вимірювання, дозволу та розпізнавання. Причому, основою побудови СЛС та СФС, в тому числі і для випадку оцінювання можливостей КФС по захисту ОКІ, прийнято вважати лінгвістичний опис (мовне середовище) об'єкта пізнання з відображенням його внутрішніх та зовнішніх причинно-наслідкових зв'язків та врахуванням існуючих загроз. Фактично, відмінність СЛС від СФС, головним чином полягає у тому, що перша дозволяє проводити аналіз статичної картини об'єкта пізнання із зазначенням прив'язки (локації) функціональних елементів (ланок), а друга – оцінити динамічні можливості об'єкта пізнання, оскільки крім вказівки локації задіяних елементів і вузлів кожна з них відображає їх взаємодію. Завдяки цьому, обґрунтована можливість побудови конструктивних моделей із елементами інтелектуальної кіберфізичної системи [3].

Відмітимо, що основою розроблення різних моделей кіберфізичних систем є наявність засобів вимірювання (ЗВ) та їх програмного забезпечення, де ЗВ необхідні для контролю параметрів технологічних процесів та навколишнього середовища (НС). Крім того, до особливостей сучасних КФС слід віднести функціональну автономність (як основну з точки зору призначення КФС) та мобільність, а їх реалізація «вимагає наявності всіх п'яти основних галузей інформаційної сфери: вимірювання (отримання або сприймання), зв'язок (передача), керування (вплив), обробка (опрацювання), запам'ятовування інформації» [4]. В даному випадку КФС також є системою з критичною областю застосування [5]. Тому, при проектуванні таких систем висувують підвищені зобов'язання до надійності і безпеки ЗВ з метою виконання жорстких вимог з оцінки ризиків кібербезпеки в умовах реалізації принципу невизначеності при забезпеченні метрологічної достовірності вимірювань за допомогою цих засобів вимірювання. Безпосередньо концепція принципу достовірності підтвердження відповідності ЗВ побудована на основі оцінки прийнятних ризиків і аналізу функціонування комбінованої системи підтвердження відповідності в умовах невизначеності, де підсумкові результати вимірів традиційно вимагають наявності їх достовірності, що отожднюється з їх апостеріорною похибкою. При чому, саме поняття "похибки результату вимірів" корелює з поняттям істинного значення, чого принципово неможливо досягти. Отже, належний метрологічний контроль ЗВ необхідно реалізовувати в умовах невизначеності згідно з міжнародними стандартами, що розробляються відповідно

до Директив ISO / МЕК [6]. Саме тому, в ході сучасних подій та явищ безпосередній детальний аналіз радіоелектронних вимірів (як технічний основи КФС) з позицій їх адекватності, достовірності і надійності дозволяє констатувати, що викладене вище, аналогічно ближній або нелінійній радіолокації з отриманням та обробкою інформації, де їхня мобільна реалізація вдало використана, наприклад, у безпілотних літальних апаратах (дронах). Останні, незалежно від поставлених завдань (охорони чи розвідки з метою захисту чи заподіяння шкоди), комплектуються мобільними радіотехнічними засобами різної цілевказівки, СЛС та СФС яких фактично ідентичні «технічним і технологічним компонентам» інтелектуальної кіберфізичної системи як сукупності «технології вбудованих систем» [7] з кінцевою схемотехнічною реалізацією у вигляді взаємнокореляційного пристрою та порогового (фільтруючого) вихідного субблоку [8]. Рівень спрацьовування останнього апіорі задає особа, яка приймає рішення, виходячи із відношення правдоподібності, що залежить від апіорної ймовірності помилкової тривоги або правильного виявлення при забезпеченні захисних заходів щодо ОКІ. Причому наявність інтелектуальних КФС тільки підвищує стійкість до кібератаки і ступінь безпеки [7].

Таким чином, виявлення атак порушників або зловмисників, які застосовують дрони, доцільно реалізовувати з використанням вбудованої КФС у радіолокаційні засоби спостереження (вимірювання) НС з використанням безперервного надвисокочастотного зондувального шумоподібного сигналу. Вибір оптимальних параметрів останнього, з одного боку, залежить від апостеріорного результату аналізу його сигнальної функції та відповідного об'ємного тіла невизначеності, а з іншого боку – дозволяє забезпечувати скритність штатного безперервного процесу забезпечення захисту ОКІ з позицій виявлення, дозволу та розпізнавання будь-яких порушень повітряного навколишнього середовища.

#### Список посилань

1. Чунжі Ван. Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення / Ван Чунжі, С.П. Яцишин, О.В. Лиса, А.В. Мідик // Вимірювальна техніка та метрологія: міжвідомчий науково-технічний збірник. Львів: вид-во НУ «Львівська політехніка». – 2018. – Т. 79. – № 1. – С. 34 – 38.
2. Голембо В. Підходи до побудови концептуальних моделей кіберфізичних систем / В. Голембо, О. Бочкарьов // Вісн. НУ "Львівська політехніка". Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – 2017. – № 864. – С. 168 – 178.
3. Тарасенко Ю.С. Інформаційні системи з позицій забезпечення надійності та невизначеності вимірювань / Ю.С.Тарасенко, В.Г. Солянніков // 36. матеріалів міжнар. наук.-практич. інтерн.-конф. «Інноваційні технології, моделі управління кібербезпекою – «ІТМК-2021», УМСФ, Дніпро, 14 – 16 квітня, 2021. – С. 29 – 30.
4. Голембо В.А. Підходи до побудови концептуальних моделей кіберфізичних систем / В.А. Голембо, О.Ю. Бочкарьов // Матер. Другого наук. семінару “Кіберфізичні системи: досягнення та виклики”, НУ «Львівська політехніка», Львів, 21-22 червня, 2016. – С.68 – 74.
5. Иванченко О.В. Концепция управления готовностью критических инфраструктур на основе применения информационных технологий / О.В. Иванченко, К.В. Смоктий, О.Д. Смоктий, В.С. Харченко // Системи та технології. – 2016. – Вип.1 (55). – С.5 – 23.
6. ISO/IEC Guide 98-1:2009, Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement, IDT. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения. – М.: Стандартинформ. – 2017.
7. Аулін В.В. Кіберфізичний підхід при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем / В.В. Аулін, А.В. Гриньків, А.О. Головатий // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. – 2020. – Вип. 3(34). – С.331 – 343. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).331-343](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).331-343).
8. Тарасенко Ю.С. Фізичні основи радіолокації / Ю.С. Тарасенко. – Дніпро: Пороги, 2011. – 487с.

УДК 004.664

Криворучко О.В., докт. техн. наук, професор  
Костюк Ю.В., ст. викладач, здобувач Phd  
Самойленко Ю.О., канд. техн. наук

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [kostyuk.yu@ukr.net](mailto:kostyuk.yu@ukr.net)

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ВЕРШКОВОГО МАСЛА НА ОСНОВІ КАРТ КОХОНЕНА

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) відіграють основну роль для вирішення досить складних та специфічних задач, які характеризуються невизначеністю інформації та забезпечують інформаційну підтримку процесу прийняття рішень особами, що їх приймають. Основу СППР становлять методи штучного інтелекту, що еволюціонують та мають універсальні апроксимуючі властивості.

Сучасний рівень розвитку апаратних та програмних засобів дозволяє створювати бази даних з оперативної інформації. В процесі своєї діяльності промислові підприємства накопичують великі об'єми різного роду даних. Ці дані містять у собі потенційно великі можливості отримання корисної аналітичної інформації. Інтелектуальні інформаційні системи, які ґрунтуються на сучасних методах інтелектуального аналізу даних, проникли у різні сфери нашого життя.

Для інтелектуального аналізу технологічного параметру якості вершкового масла, а саме вмісту води у маслі, використаний метод карт Кохонена [1]. Карт Кохонена – це різновид нейронних мереж, що використовує для навчання метод без учителя. Результатом процесу самоорганізації SOM (Self-Organizing Map) є топологічне представлення, яке формується із множини значень вхідних змінних, що вчиться розуміти структуру даних.

Для аналізу кількості дефектних партій вершкового масла із вмістом води 16 % проведена кластеризація технологічних даних за допомогою SOM в програмному продукті STATISTICA. Результатом є навчена нейронна мережа, яка містить 4 кластери (рис. 1) різних кольорів, кожен з яких відповідає певному стану об'єкта. Відповідно до карти розбиття (рис. 1, а) та таблиці 2 кластеру (рис. 1, б) було виявлено 8 партій вершкового масла із вмістом води більше 16 %, що свідчить про брак продукції.

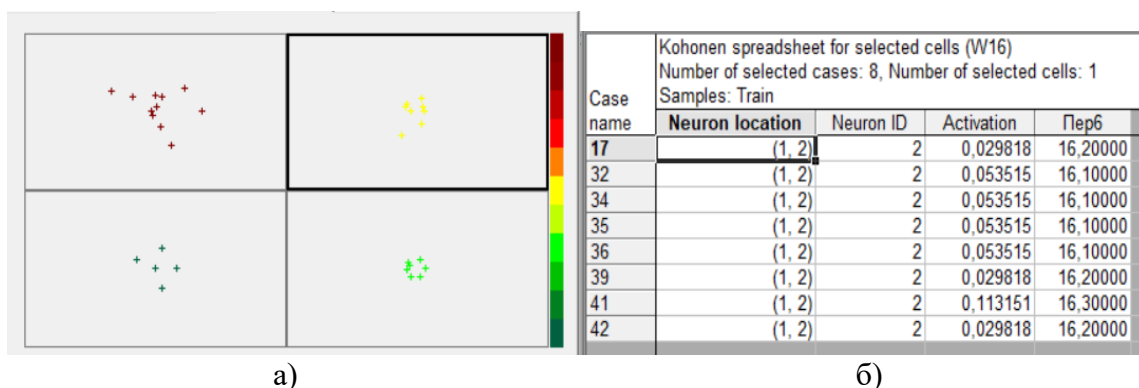


Рис. 1 – Результати кластеризації а) карта розбиття б) таблиця для кластеризації

Отже, самоорганізуючі карти Кохонена використовуються для вирішення задач моделювання, прогнозування, пошуку закономірностей у великих масивах даних, виявлення наборів незалежних ознак тощо.

### Список посилань

1. Ming L.Y. A Hybrid Spiking Neural Network Model for Multivariate Data Classification and Visualization / L.Y. Ming, S.T. Chee, J.C. Chwen // Proceeding of 7th International Conference on IT in Asia (CITA). – 2011.

УДК 004.89

Корзун І.М., студент,  
Павлов О.А., докт. техн. наук, професор,  
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,  
[iluhakorzun@gmail.com](mailto:iluhakorzun@gmail.com)

## МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ДАНИХ ПРИ СКАНУВАННІ ЗОБРАЖЕНЬ ОПТИЧНИМИ СЕНСОРАМИ

Розглядається задача ефективного виявлення пошкоджених даних по результатам оптичного сканування банкнот – зображень в основних кольорах світлового спектра. Необхідність автоматизації розв’язку поставленої задачі наведена в [1-3].

Результатом введення купюри в детектор банкнот є множина її окремих реалізацій, сканів, у межах заданого набору кольорів представлена інтенсивністю світла відбитого від поверхні паперу в процесі введення купюри в апаратний засіб та виміряного оптичним сенсором.

З метою підвищення ефективності класифікації розглядається метод формальної перевірки спотворених банкнот на відповідність нормальним, спрощений до розв’язання послідовності типових задач з валідації результатів одного сканування. Загальний алгоритм передбачає їх розв’язання для кожної банкноти по всім кольорам. Опис вирішення задачі за результатами одного сканування наводиться нижче.

Вхідними даними є достатньо велика кількість сканів однієї банкноти необхідна для побудови та оцінки ефективності запропонованого методу.

Нехай  $y(x_i), i = \overline{1, n}$  – це сукупність значень, які приймає  $i$ -та змінна  $x_i$  (точка на графіку) простору ознак на множині його реалізацій, де  $n$  – кількість точок, що задає відповідну реалізацію результатів сканування. Тоді  $y_j(x_i), j = \overline{1, l}$ , результат неперервного сканування в цій точці де  $l$  – кількість різних реалізацій правильних банкнот. Результатом сканування, що перевіряється, далі позначаємо  $r(x_i)$ .

Для перевірки гіпотези про достовірність банкноти пропонується перевірка її окремої реалізації за наступними критеріями:

1. Перший критерій не суперечить гіпотезі, якщо для кожного значення інтенсивності  $r(x_i)$  сигналу виконується нерівність:

$$\forall i: C_{i,min} \leq r(x_i) \leq C_{i,max} \quad (1)$$

де  $C_{i,min}$  та  $C_{i,max}$  – мінімальне та максимальне допустиме значення сигналу в точці  $x_i$ , які він може приймати, отримані зі сканувань правильних банкнот

$$C_{i,min} = \min_{j=\overline{1,l}} y_j(x_i), C_{i,max} = \max_{j=\overline{1,l}} y_j(x_i), i = \overline{1, n}$$

далі  $C$  називаємо коридором, а пару значень  $C_i$  – його межами в  $i$ -тій точці; під розмахом коридору в  $i$ -тій точці маємо на увазі різницю його крайніх значень.

2. Другий критерій не суперечить гіпотезі, якщо значення  $R$  середнього абсолютного нормованого за розмахом коридору в кожній точці відхилення реалізації сигналу, що перевіряється, задовольняє нерівності

$$R \leq D, \quad R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|r(x_i) - \bar{y}(x_i)|}{C_{i,max} - C_{i,min}} \quad (2)$$

де  $D$  – максимальне відхилення реалізації від його оціночного математичного очікування, обчислене на основі сканувань правильних банкнот

$$D_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_j(x_i) - \bar{y}(x_i)|}{C_{i,max} - C_{i,min}}, D = \max_{j=\overline{1,l}} D_j \quad [10]$$

$\bar{y}(x_i)$  – оціночне математичне очікування значень сканування в заданій точці

$$\bar{y}(x_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^l y_j(x_i), i = \overline{1, n} \quad [10]$$

3. Якщо  $p$  – кількість локальних екстремумів на  $r(x_i)$ , тоді це не суперечить гіпотезі про достовірність даної реалізації за умови виконання нерівності

$$p_{min} \leq p \leq p_{max} \quad (3)$$

де  $p_{min}$  та  $p_{max}$  – мінімальна та максимальна кількість локальних екстремумів обчислена по правильних реалізаціях кривої оптичного сигналу

4. Якщо  $d_{r,min}$  – мінімальна відстань між двома сусідніми локальними екстремумами на  $r(x_i)$  та  $d_{r,max}$  – максимальна відстань відповідно, тоді вони не суперечать гіпотезі, якщо виконується

$$d_{r,min} \geq d_{min} \quad d_{r,max} \leq d_{max} \quad (4)$$

де  $d_{min}$  та  $d_{max}$  – мінімальна та максимальна відстань між сусідніми локальними екстремумами, вершинами на  $y_j(x_i)$ , обчислені на всіх правильних реалізаціях даної банкноти

$$d_{min} = \min_{j=1,l} d_{j,min} \quad d_{max} = \max_{j=1,l} d_{j,max}$$

У критеріях 3-4 можуть використовуватися «суттєві» локальні екстремуми: максимуми, для яких виконується

$$y_j(x_{i-j_1}) < y_j(x_i) = y_j(x_{i+1}) = \dots = y_j(x_{i+k}) > y_j(x_{i+j_2})$$

аналогічно для локальних мінімумів. Тоді точкою локального екстремуму вважаємо центр плато  $x_0 = x_{i+k/2}$ .

Результат сканування вважається відповідним правильній банкноті, якщо виконуються всі нерівності (1)-(4).

Введені критерії ефективні, якщо набір реалізацій  $y_j(x_i), i = \overline{1, n}$  є репрезентативним. Перевірка даних на достовірність виконується одночасно чотирма некорельованими критеріями, кожен з яких відображає окрему властивість. Таким чином реалізується загальна методологія тестування статистичної гіпотези. Отже, пропонується аналізувати результат сканування банкнот на відповідність кожному зі сформованих критеріїв і подавати на додаткове дослідження в разі порушення будь-якого з них.

Для упровадження запропонованої методології наводиться рішення із реалізації динамічної бібліотеки та програмного забезпечення на її основі для аналізу та перевірки результатів сканування банківських білетів.

Наведена бібліотека задовольняє вимогам щодо модульної та слабко зв'язної архітектури та забезпечує оптимальний час компіляції та обсяги використання пам'яті та часу обробки. Інтерфейс реалізації включає високорівневі сутності для роботи з низькорівневими даними – матриці – та використання основних підпрограм з лінійної алгебри (BLAS) для виконання числових перетворень над ними та їх передобробки для реалізації всіх визначених критеріїв.

Запропонований користувацький графічний інтерфейс виконує наступні функціональні вимоги: створення бази даних результатів сканування, визначення навчальної вибірки для обрання правильних сканів банкнот, візуальний огляд сканів через відображення та графік, автоматичне тестування результатів сканувань, візуальне виділення виявлених недоліків.

### Список посилань

1. Ионов В.М. Обработка наличности. Банковская техника и технологии. / В.М. Ионов – Издательская группа «БДЦ-пресс», 2001. – 268 с.
2. Barchard K.A., Pace L.A. Preventing human error: the impact of data entry methods on data accuracy and statistical results. Computers in human behavior. 2011. Vol. 27, no. 5. pp. 1834–1839. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.04.004>.
3. A comparison of error detection rates between the reading aloud method and the double data entry method / M. Kawado et al. Controlled clinical trials. 2003. Vol. 24, no. 5. pp. 560–569. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0197-2456\(03\)00089-8](https://doi.org/10.1016/s0197-2456(03)00089-8).

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)

## ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАХИСТУ ПРИСТРОЇВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Інтернет речей (IoT) відноситься до простих апаратних пристроїв, підключених через Інтернет. Приклади включають камери дверного дзвінка, натільні переносні монітори здоров'я, пожежну сигналізацію та міські світлофори. За деякими оцінками, до 2025 року у світі може бути 50 мільярдів таких пристроїв, а до 2030 року – 1 трильйон. Хоча вони надають зручні послуги, пристрої IoT дуже небезпечні і їх можна легко взламатися. Взломані пристрої можна змусити взламатися інші пристрої. Такі ситуації загрожують репутації підприємств і можуть спричинити багато видів реальної небезпеки для людей. Уразливість виникає через те, що пам'ять і обробна здатність пристроїв занадто низькі для високої безпеки. Замінити мільярди застарілих пристроїв оновленим обладнанням неможливо. Фінансований ЄС проект INSTET розробив спосіб захисту пристроїв IoT, який дозволяє уникнути такої заміни. Нинішній проект покращив технологію ідентифікації пристроїв, розроблену в попередньому техніко-економічному обґрунтуванні фази 1 SME Instrument Phase 1 з такою ж назвою. Новий проект підтвердив комерційний потенціал концепції.

Представлений інноваційний метод спочатку призначає ідентифікатор кожному пристрою IoT на основі його унікальних фізичних характеристик. Фізичні ідентифікатори отримуються за допомогою спеціальних алгоритмів, які вимірюють випадкові варіації, що генеруються в процесі виробництва обладнання, за допомогою фізичної неклінованої функції (PUF), розробленої в рамках проекту. Це відоме як кремнієва біометрична інформація, і, по суті, відбитки пальців кожного пристрою IoT неможливо підробити.

Після того, як кожен пристрій має ідентифікатор, перш ніж стане можливим безпечний обмін даними, ідентифікатор має бути аутентифікований. Інакше не можна гарантувати, що пристрої зв'язуються з правильною стороною. Можливість перевіряти ідентичність пристрою – це те, що дозволяє захищати прості пристрої Інтернету речей.

PUF є компонентом системи безпеки INSTET. Він покращує всю систему безпеки за допомогою потужних і непідробних високоякісних служб безпеки. Головна перевага полягає в тому, що не потрібно програмувати кореневий ключ ззовні. Отже, ключ завжди залишається всередині, і тому завжди в безпеці.

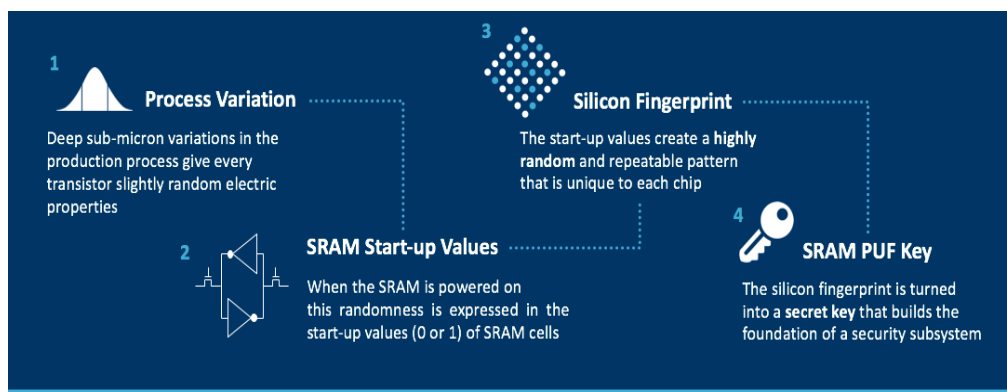


Рис.1 – Вилучення безпечного ключа з внутрішнього кремнієвого відбитка пальця

Крім того, PUF заснований на повсюдно поширених схемах статичної пам'яті з довільним доступом (SRAM). Підхід можна масштабувати до всіх пристроїв IoT — оскільки SRAM є компонентом усіх мікроконтролерів, навіть недорогих. В результаті ми можемо модернізувати ті мільйони пристроїв IoT, які встановлені в польових умовах, не вимагаючи переробки продуктів.

Це єдине рішення на ринку, яке забезпечує надійну апаратну безпеку, використовуючи лише програмне забезпечення, яке легко розгортається на пристроях IoT з обмеженою потужністю обробки.

Система орієнтована на три окремі сегменти IoT. INSTET Wearables забезпечує повну безпеку для переносних пристроїв. INSTET Medical підтримує зв'язування програмного забезпечення з апаратним забезпеченням медичного пристрою. Нарешті, INSTET Critical Infrastructures підтримує хмарне підключення IoT. Дослідники успішно створили різні архітектури програмного забезпечення для кожної програми. Команда також створила та керувала демонстраторами для кожного сегмента ринку. Співробітники проекту розробили детальний аналіз ринку та плани експлуатації.

Далі консорціум зосереджений на розробці ринкових стандартів і правил. Результатом стане усунення серйозної слабкості безпеки, яка впливає на пристрої IoT.

#### Список посилань

1. Bkheet, S. Огляд методів ідентифікації Інтернету речей (IoT). / Bkheet, S., Agbinya, J. – Досягнення в Інтернеті речей, 2021. – 153-174 с.
2. Захист Інтернету речей за допомогою унікальної технології відбитків пальців мікрочіпа [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cordis.europa.eu/article/id/422611-innovative-identification-methods-secure-iot-devices>
3. Sram PUF Технологія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.intrinsic-id.com/sram-puf/>

УДК 629.7.01:629.734/735:331.101.1

Козир А.Г., канд. техн. наук,

Зройчиков Д.В.,

Шабанов Д.М.,

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,

[niv\\_dndi@ukr.net](mailto:niv_dndi@ukr.net)

### ОЦІНКА АЛГОРИТМІВ ДІЯЛЬНОСТІ ЧЛЕНІВ ЕКІПАЖУ ПОВІТРЯНОГО СУДНА МЕТОДОМ ПОБУДОВИ ЦИКЛОГРАМИ

Під час проведення випробувань авіаційної техніки велике значення має оцінка алгоритмів діяльності членів екіпажу повітряного судна (операторів). Зважаючи на те, що дана оцінка є завданням великої складності, то найчастіше аналізу піддається не весь алгоритм, а його складові частини стосовно конкретних етапів, а також структура і якість діяльності оператора на цих етапах.

При оцінці алгоритму використовують показники зовнішньої і внутрішньої структури діяльності і дій, їх кількість, склад, послідовність, часові характеристики виконання дій тощо. Для підтвердження правильності вибору конструктивного рішення системи “людина-машина” для кожної гілки загального алгоритму будуються та аналізуються циклограми взаємодії оператора і “машини”.

Циклограма дає змогу наочно оцінити упорядкування елементарних операцій оператора з органами управління і приладами, і дозволяє розрахувати часові витрати на взаємодію, а також оцінити очікувану темпову напруженість діяльності в конкретному режимі функціонування системи “людина-машина”.

Резерв часу на виконання операцій, а також темпова напруженість (комфортна і гранична) дають уявлення про якість циклограми. Зрозуміло, що вказані часові витрати, рівно, як і очікувана темпова напруженість взаємодії між оператором і “машиною”, повинні бути однаково вимірюванні і пов'язані з часовими параметрами діяльності оператора у складі всієї системи “людина-машина”.

При побудові циклограми задають моменти необхідного початку виконання кожної операції, визначають закони розподілу часу виконання операцій. Після цього для подальшого формування структури процесу визначають порядок, умови і дисципліну виконання операцій. Необхідність в цьому неминуче виникає у зв'язку з можливим "накладенням" операцій у часі.

Таким чином, використання циклограми при оцінці діяльності оператора повітряного судна наглядно відображає структуру і якість його діяльності.

УДК 623.1.7:623.4

Трофименко С. І., ст. наук. співробітник,  
Соболев В. В., наук. співробітник,  
Козак С. В., мол. наук. співробітник,

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,  
[jekarud@meta.ua](mailto:jekarud@meta.ua)

### **ВПРОВАДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ МОДУЛЬНОЇ ПОБУДОВИ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ (СИСТЕМ) ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Сучасний наземний роботизований комплекс (система) військового призначення (далі – НРК(С)ВП) – це складний технічний пристрій, який постійно потребує від розробника впровадження новітніх технологічних рішень щодо його вдосконалення. Враховуючи досвід проведення досліджень НРК(С)ВП вітчизняного виробництва можна виділити основну проблему, що не враховується розробниками при створенні нових зразків, це відсутність принципів модульної побудови сучасних НРК(С)ВП.

Впровадження концепції модульної побудови на етапі проектування повинно передбачати розділення НРК(С)ВП на декілька основних модулів. В свою чергу окремі модулі можуть створюються незалежно один від одного у відповідності зі специфічними вимогами із врахуванням необхідної сумісності з іншими модулями в залежності від поставлених завдань. Тобто на базі однієї базової платформи можливе комплектування цілої низки НРК(С)ВП різного функціонального призначення (бойові, інженерні, тилові, розвідувальні тощо) при чому як на колісному так і на гусеничному ході, із забезпеченням заданих тактико-технічних характеристик, що висуваються до певного класу за призначенням. Також впровадження модульних принципів дозволить об'єднувати, розділяти, проводити модифікації та ремонт окремих елементів (блоків) без їх впливу на НРК(С)ВП в цілому.

Необхідність миттєвого впливу НРК(С)ВП на навколишнє середовище тим чи іншим способом потребує його швидкої реакції на входні параметри, що у свою чергу викликає великі навантаження на обчислювальну систему. За рахунок модульної архітектури вирішується проблема програмного забезпечення за рахунок залучення декількох процесорів, що дає можливість проводити обчислення збільшивши швидкість виконання всіх операцій.

Таким чином, модульні принципи проектування та побудови відкривають можливість створення нових необхідних модулів на основі єдиного підходу для забезпечення сумісності модулів один з одним при створенні нових (модернізованих) НРК(С)ВП.

УДК 629.735.083

Рудніченко С.В., пров. наук. співробітник  
Геращенко М.М., нач. наук.-досл. відділу  
Саутін О.О., ст. наук. співробітник

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,  
[jekarud@meta.ua](mailto:jekarud@meta.ua)

## МОЖЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАДІЙ ПРОТІКАННЯ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ

Випробування зразків озброєння та військової техніки вимагає від інженерів-випробувачів здійснювати під час досліджень реєстрацію швидкоплинних процесів. Швидкісна відеозйомка вже давно і з успіхом застосовуються вченими та інженерами в різних галузях промисловості.

Прискорена відеозйомка використовуються для візуалізації процесів, які в звичайних умовах недоступні для людського зору, так як протікають надто швидко. Зокрема, швидкісні відеокамери застосовуються для реєстрації і відеозйомки процесів, що відбуваються під час випробувань озброєння та військової техніки (балістика, вибух, пуски ракет, аеродинаміка, випробування авіаційних крісел тощо).

Відеокамери для швидкісної зйомки є важливим інструментом для покращення та удосконалення методів випробувань. Розуміння швидкоплинних процесів має ключове значення в науково-дослідних процесах. Висока частота кадрів використовується в якості діагностичного інструменту, який допомагає інженерам-випробувачам аналізувати швидкоплинні процеси. Технологія швидкісної відеозйомки дозволяє відзняти процес із високою частотою кадрів, а після, відтворити відео в уповільненому вигляді. За допомогою отриманого відеоряду випробувач може детально проконтролювати, проаналізувати, вивчити та зрозуміти деталі перебігу події, які неможливо зафіксувати простим людським зором, або в процесі звичайної, не швидкісної відеозйомки.

При вирішенні таких завдань на перший план виходить необхідність вибору оптимальних параметрів оптико-електронної системи для швидкісної зйомки: чутливості, роздільної здатності та частоти кадрів відеокамери, параметрів об'єктива, відстані до об'єкта тощо. Так, наприклад, при проведенні механічних випробувань, як правило, достатньо частоти кадрів камери від 0,5 до 1 кГц, а при дослідженні хімічних реакцій, зокрема, процесів горіння – до 50 кГц, для аналізу плазми та поширення випромінювання – до 200 кГц і навіть більше.

Використання швидкісної відеозйомки під час випробувань озброєння та військової техніки є найпростішим і найефективнішим способом отримання всієї необхідної інформації про дослідний зразок. Завдяки високій частоті кадрів можна переглядати відеозапис, як в уповільненому русі, так і вивчати окремі кадри, що дає можливість випробувачу побачити деталі, які при використанні звичайних відеокамер залишаються непоміченими.

### Список посилань

1. Бірюкова П.О. Особливості застосування високошвидкісної відеозйомки / П.В. Попович, П.О. Бірюкова // Матеріали конференції «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі». – К., 2018, – С. 9.
2. Уповільнена кінозйомка [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://howlingpixel.com/iuk/Уповільнена\\_кінозйомка](https://howlingpixel.com/iuk/Уповільнена_кінозйомка)
3. CMOS (КМОП) матриці - что это? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://telecomsb.ru/statii/cmoskmop-matritsy-chto-eto.html>
4. Попович П.В. Удосконалення методів керування відеопотоком у системах цифрового телебачення за критерієм якості відео зображення [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://rada.kpi.ua/files/dissertation/dis\\_Popovych\\_P.V.pdf](http://rada.kpi.ua/files/dissertation/dis_Popovych_P.V.pdf).

УДК 621.391

Ільєнко В.М., ст. наук. співробітник  
Солодчук М.О., нач. наук.-досл. лабораторії

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернівці  
[niv\\_dndi@ukr.net](mailto:niv_dndi@ukr.net)

## ОГЛЯД РОЗВИТКУ СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Супутниковий зв'язок (СЗ) посідає значне місце в системі військового зв'язку. Його основною перевагою є висока оперативність встановлення з'єднання на великі відстані. В умовах ведення бойових дій СЗ набуває особливої значимості для Збройних Сил, коли відсутня можливість розгортання повнофункціональної польової системи зв'язку та/або неможливо організувати лінії прив'язки до стаціонарної транспортної телекомунікаційної мережі.

Система військового СЗ та управління після повноцінного розгортання повинна стати одним з ключових елементів єдиної інформаційної системи глобального зв'язку і управління державних і військових організацій, основою космічної системи обміну даними між суб'єктами бойових дій на суші і на морі, в повітрі і в космосі.

До початку 2014 року у Збройних силах України для забезпечення СЗ використовувались:

- станції та термінали системи СЗ “Інмарсат”;
- станції системи СЗ “Ірідіум”;
- термінали системи СЗ “Тура”.

Основними завданнями цих станцій є забезпечення відкритого голосового зв'язку, передачі даних та забезпечення відеоконференцзв'язку між вузлами пунктів управління Збройних сил України з вузлами зв'язку пунктів управління миротворчих контингентів Збройних сил України та БЧ-4 надводних кораблів Військово-Морських Сил ЗС України.

Починаючи з 2014 року ЗС України зіткнулися з проблемою забезпечення зв'язку з підрозділами, що діють у відриві від основних сил. Ситуація, що склалась, показала, що відсутність власної мережі СЗ є суттєвим недоліком системи зв'язку Збройних сил України. Тому було прийнято рішення про оренду послуг СЗ (як каналів, так і обладнання) у цивільних компаній.

На теперішній час послуги надаються на основі можливостей системи СЗ Ka-Sat, яка відноситься до фіксованої супутникової служби та належить до класу високоорбітальних геостаціонарних систем, забезпечує широкосмуговий доступ до мережі Інтернет, внутрішній корпоративний зв'язок, передачу даних, електронну пошту, пакетну передачу та групову переадресацію, потокову передачу аудіо та відео даних.

Застосування СЗ показало ряд переваг у порівнянні з іншими родами зв'язку, а саме:

- висока стійкість і якість зв'язку;
- висока мобільність, можливість оперативного розгортання земних станцій СЗ безпосередньо в районах дислокації військових частин та підрозділів;
- мінімальні витрати (техніки і особового складу) при організації супутникових радіоліній;
- можливість розміщення земних станцій СЗ у складках місцевості (в ущелинах, ярах).

Основне призначення системи СЗ полягає у наданні органам управління на театрі військових дій надійних, захищених каналів зв'язку (передачі даних) з угрупованнями Збройних Сил, тактичними з'єднаннями, окремими військовими частинами і кожним солдатом (за умови використання портативних терміналів СЗ). Основними якостями СЗ, якими не володіють інші роди зв'язку, є глобальне охоплення і здатність надати канали

зв'язку з будь-якої точки світу у дуже короткий час.

Зважаючи на вищезазначене, в основу технічної реалізації побудови системи СЗ ЗС України доцільно покласти технологію VSAT (Very Small Aperture Terminal – мала супутникова наземна станція). Це обумовлено рядом принципових переваг при організації СЗ.

Мережа СЗ на базі VSAT включає в себе три основні елементи: центральна земна станція (ЦЗС), супутник-ретранслятор і абонентські VSAT термінали.

ЦЗС в мережі СЗ виконує функції центрального вузла і забезпечує управління роботою всієї мережі, перерозподіл її ресурсів, виявлення несправностей та сполучення з наземними лініями зв'язку. Зазвичай ЦЗС встановлюється у вузлі мережі, на який припадає найбільший трафік.

Абонентський VSAT термінал, зазвичай, включає в себе антенно-фідерний пристрій, зовнішній радіочастотний блок і внутрішній блок (модем).

Мережі VSAT будуються на базі геостаціонарних супутників-ретрансляторів, що дозволяє максимально спрощувати конструкцію абонентських терміналів без системи стеження за супутником.

Перспективна схема організації системи СЗ ЗС України має бути організаційно-технічним об'єднанням наступних елементів:

- орендований ресурс супутника-ретранслятора Ка діапазону;
- основна центральна станція (стаціонарний HUB);
- польова центральна станція (мобільний HUB);
- стаціонарні станції СЗ;
- польові станції СЗ:

а) мобільні станції СЗ, що встановлюються на колісних або гусеничних шасі та забезпечують зв'язок під час руху (і під час зупинок);

б) рухомі станції СЗ, що встановлюються на колісних або гусеничних шасі та забезпечують зв'язок на стоянці;

в) переносні (перевізні) станції СЗ для зв'язку на стоянці.

Управління системою СЗ повинно здійснюватися централізовано – з центру оперативно-технічного управління системою СЗ (ЦОТУ ССЗ), який забезпечує виконання управління функціонуванням системою СЗ та збір в режимі реального часу та обробку інформації про стан елементів системи СЗ (засобів, каналів та напрямків).

Розгортання системи СЗ доцільно здійснювати у три етапи:

- 1 етап – розгортання центральної станції.
- 2 етап – введення центральної станції в експлуатацію.
- 3 етап – розгортання мережі СЗ ЗС України:

З огляду на вищезазначене слід вважати, що в основу технічної реалізації побудови системи СЗ ЗС України доцільно покласти технологію VSAT за топологією “Зірка”. До складу системи СЗ увійдуть наступні елементи: орендований ресурс супутника-ретранслятора Ка діапазону; центральна станція (стаціонарна, мобільна HUB); стаціонарні станції СЗ; польові станції СЗ. Управління системою СЗ повинно здійснюватися з єдиного центру управління – центру оперативно-технічного управління системою СЗ. Для забезпечення захисту інформації в системі СЗ повинна бути створена комплексна система захисту інформації.

Напрямами подальших досліджень є аналіз технічних характеристик та можливостей обладнання VSAT різних виробників, а також комерційних пропозицій щодо вартості обладнання та вартості оренди ресурсу супутника-ретранслятора з метою підготовки пропозицій щодо варіантів оснащення системи СЗ ЗС України.

УДК 629.7.083:623.4.018

Андрієнко О.В., канд. психол. наук, ст. наук. співробітник,  
Чередніков О.М., канд. техн. наук, доцент,  
Каламурза О.Г., ст. наук. співробітник,

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,  
[zarin-zaman@gmail.com](mailto:zarin-zaman@gmail.com)

Гдовін П.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків,  
[paveld1@gmail.com](mailto:paveld1@gmail.com)

## **АЛГОРИТМ ЕРГОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ ЛЬОТНО-ТЕХНІЧНОГО ОБМУНДИРУВАННЯ**

Серед методів збору первинної інформації про ергономічні показники якості особливе місце займає метод опитування. Традиційні завдання якісного оновлення механізмів управління виробничо-економічними системами у сучасних умовах набувають нової актуальності, вимагають залучення нових дослідницьких платформ і алгоритмів.

У доповіді надано теоретичне пояснення ергономічної оцінки льотно-технічного обмундирування особовим складом авіації Повітряних Сил Збройних Сил України під час їх повсякденної експлуатації та експертною групою при випробуваннях. Головним науковим результатом дослідження є обґрунтування теоретико-методологічних положень авторської концепції ергономічної оцінки озброєння та військової техніки.

Зазвичай ергономічна оцінка проводилася методом натурного експерименту та опитуванням експертів з подальшим аналізом отриманих характеристик щодо рівня якості об'єкту випробувань (про ступінь упевненості експерта в імовірності ефективного об'єкту випробувань).

Експерти Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки проводили оцінювання ЛТО під час виконання польотів на літаках МиГ-29, Л-39, Су-24М(МР), Ан-26 і вертольоті Ми-8 (в захисному шоломі та в гарнітурі) та десантування з літака Ан-26 і вертольоту Ми-8. Також експерти проводили оцінювання комплектів ЛТО при їх повсякденному носінні (в кількості 20 одиниць) з заповненням анкет. Обиралися експерти за антропометричними характеристиками: мінімальних (1); середніх (11); максимальних (1) показників, з максимальними (185 см) та мінімальними (164 см) антропометричними даними, що дозволило не враховувати випадкові та систематичні помилки, оскільки вони взаємно нівелюються. Як свідчить світовий досвід, реалізація виробів військового призначення неможлива без кількісного оцінювання в порівнянні декількох варіантів або застарілих зразків [2], [3]. Незважаючи на те, що шкала Купера-Харпера (Cooper-Harper rating scale) суб'єктивна, критерії оцінювання надають реальну можливість оцінити існуючий стан рівня якості [1]. Однак у кожному конкретному випадку розробнику ОВТ необхідно виробити свій унікальний порядок дій для отримання ефективної реалізації залежно від галузі її застосування. Очевидно також, що якість залежить не тільки від чисельних значень факторів, але і від того, яким чином ці фактори змінювалися в процесі експлуатації ЛТО або конкретного об'єкта ОВТ, тобто від історії експлуатації виробу. Сформована інформаційна модель ергономіки ЛТО, яка представлена експертам у формі анкетного опитування, є узагальненим контентом.

Результати анкетування повинні містити оцінку окремих найбільш значущих факторів та інтегральні оцінки об'єктів дослідження, які дозволяють дати порівняльну оцінку негативного впливу ергономічних недоліків в організації процесу створення засобів і забезпечення умов випробувальної діяльності членів екіпажа на ефективність зразка ЛТО. Текст анкети повинен бути коротким і зрозумілим, забезпечувати образність сприйняття та легкість запам'ятовування необхідних даних, не повинен допускати різних тлумачень.

У загальному вигляді експертиза являє собою процедуру, яка складається з трьох етапів:

- 1) вивчення (дослідження) проблеми (об'єкта) за ТТХ, ТУ, програмою випробувань;
- 2) оцінювання проблеми (об'єкта) за попередньо узгодженою методикою та визначення критеріїв оцінювання об'єкта для розробки анкети опитування спеціалістів;
- 3) актуалізація мотивації оцінки, висновки та рекомендації щодо проблеми (об'єкта).

Організаційно процедура проведення експертного опитування починається з відбору та підготовки експертів, їх опитування, і завершується математичною обробкою та аналізом експертних оцінок.

Для розробки анкети вводиться операційне визначення фактора (експлуатаційних та ергономічних характеристик зразків ЛТО), яке включає в себе абсолютне значення (номінал), розмірність, точність зміни даного фактора, інтервал зміни фактора, наявність інших факторів.

При заповненні анкети експерти оцінюють фактори за шкалою бажаності. Систематизація отриманої інформації проводиться шляхом очного або заочного опитування спеціалістів, заповнюється сумарна анкета (таблиця 1).

Таблиця 1 – Сумарної анкети з матрицею розрахунків

| Спеціалісти, яких опитували                               | Фактори |       |       |     |       | Примітки |
|-----------------------------------------------------------|---------|-------|-------|-----|-------|----------|
|                                                           | $X_1$   | $X_2$ | $X_3$ | ... | $X_k$ |          |
| 1                                                         |         |       |       |     |       |          |
| 2                                                         |         |       |       |     |       |          |
| 3                                                         |         |       |       |     |       |          |
| ...                                                       |         |       |       |     |       |          |
| m                                                         |         |       |       |     |       |          |
| Сума рангів<br>$A = \sum a_{ij}$                          |         |       |       |     |       |          |
| Відхилення від середньої суми рангів $\Delta j = A_j - T$ |         |       |       |     |       |          |
| Квадрати відхилень $\Delta j^2$                           |         |       |       |     |       |          |

За результатами проведеного аналізу доцільно зазначити, що розроблені алгоритми спростять роботу та зменшать витрати на підготовку і встановлення формальних оцінок об'єкту випробувань, засобів збору, перетворення та надання інформації для протоколів та акту випробувань.

Запропонована концепція експертно-розрахункового підходу до оцінювання якісних характеристик виробів ЛТО дозволить обґрунтувати висновки проведених експертиз та забезпечити інформаційно-методичними засобами оптимальне представлення результатів експертного опитування фахівців та користувачів ОБТ.

#### Список посилань

1. Шкала Купера-Харпера [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Cooperharper\\_full.Pdf](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Cooperharper_full.Pdf)
2. Раупе К.Н., Д.Харрис 2000 «Психометрический подход к разработке многомерной шкалы для оценки качества управления воздушным судном». Международный журнал авиационной психологии. 10 : 343–362. doi: 10.1207 / S15327108IJAP1004.
3. Павленко П.М. Математичне моделювання систем і процесів / П.М. Павленко, С.Ф. Філоненко, О.М. Чередніков, В.В. Трейтак – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2017. – 424 с.

УДК 621.941-229.3:531.133

Монченко О.В., канд. тех.наук, доцент,  
Мовчан Н.С., студенткаНаціональний авіаційний університет, м. Київ, [monchenko\\_olena@ukr.net](mailto:monchenko_olena@ukr.net)**МОДИФІКАЦІЯ СТРУКТУРИ АПАРАТУ ДЛЯ ДАРСОНВАЛІЗАЦІЇ**

Конструкція існуючих апаратів для дарсонвалізації є застарілою, а тому ефективність його застосування значно менша, ніж можлива при сучасних модифікаціях. Для підвищення рівня ефективності слід впровадити у конструкцію блоків, що дають змогу автоматично регулювати показники імпульсної характеристики в залежності від рівня вологості шкіри. Це дасть можливість враховувати особливості шкіри кожного пацієнта, що у свою чергу зробить процес дарсонвалізації більш якісним та зменшить ризики під час її проведення.

Апарат «Дарсонваль» - апарат, який надає лікувальну дію на організм за допомогою імпульсних змінних електричних струмів високої частоти і напруги, але малої сили [1]. Забезпечує нормалізація кровообігу - це призводить до того, що тканини починають краще насичуватися киснем, отримують більше живлення, в результаті чого їх відновлення і оновлення відбувається швидше [2].

Проаналізувавши будову апарата, було виявлено його недоліки в конструкції електричної схеми та виявлений застарілу елементну базу.

Серед елементів, що застосовуються в конструкції є тиристор, основним недоліком якого є його повільне вимикання під час роботи, що призводить до негативного впливу на інші елементи. Заміною ж ньому може слугувати сучасний біполярний транзистор з ізовольованим затвором (IGBT).

*Моделювання автоматизованої системи.*

В програмному середовищі Electronics Workbench була створена модель автоматизованої системи «Вихідний каскад високовольтного блоку» з використанням IGBT-транзистора (рис.1), за допомогою якої є можливість регулювати основні параметри імпульсної послідовності (шпаруватість та частоту).

При тому, що 1кВ пробиває 1мм шкіри, для того аби пробити 1 см шкіри необхідна напруга імпульсу (напруга вторинної обмотки трансформатора) 10 кВ. Тоді напруга первинної обмотки трансформатора повинна становити приблизно 10 В, а кількість витків обмотки трансформатора – 1000 витків.

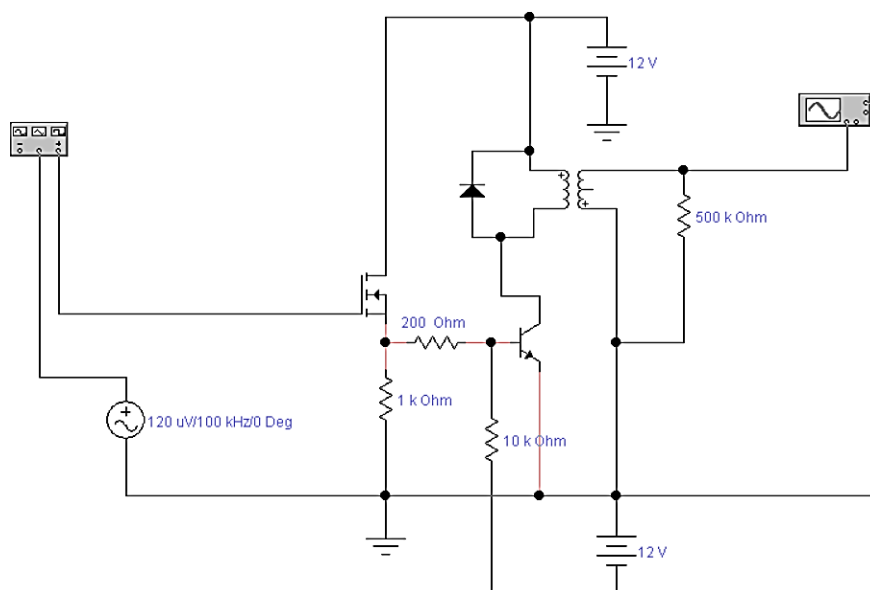


Рис. 1 – Модель автоматизованої системи «Вихідний каскад високовольтного блоку»

*Моделювання вимірювального перетворювача*

Наступним етапом удосконалення апарату «Дарсонваль» є створення вимірювального перетворювача «Опір шкіри -напруга», за допомогою якого можливо вимірювати вологість шкіри шляхом вимірювання її опору.

Для управління апаратом до блоку вимірювального перетворювача додається PIC мікроконтроллер, основна характеристика якого є висока швидкість виконання команд.

Додавши до будови приладу автоматизовану систему «Вихідний каскад високовольтного блоку» з використанням IGBT-транзистората, вимірювальний перетворювач «Опір шкіри - напруга» модернізований апарат матиме структурну схему як на рис. 2.

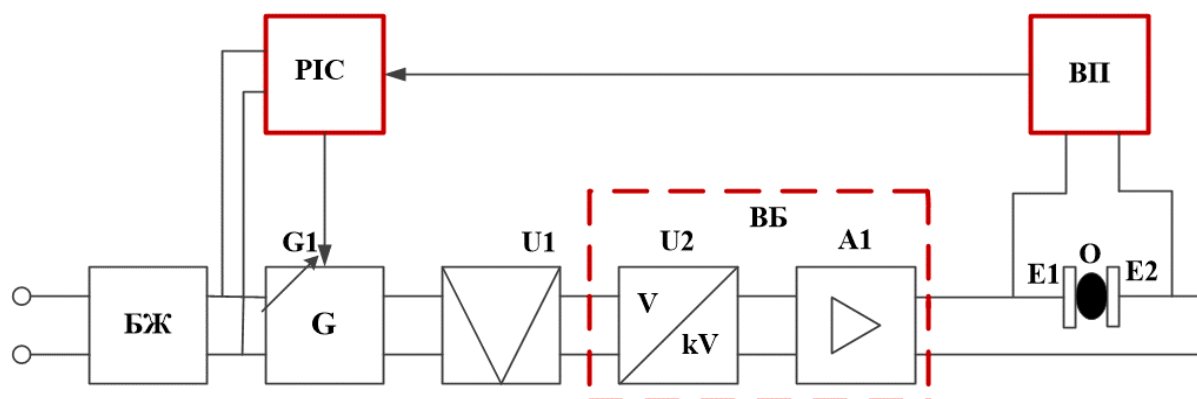


Рис. 2 – Модернізована структурна схема апарату «Дарсонваль»

Модернізована структурна схема апарата для місцевої дарсонвалізації включає в себе:

1. Блок живлення (БЖ);
2. Вимірювальний перетворювач (ВП);
3. PIC – мікроконтроллер (PIC);
4. Генератор імпульсних сигналів (G1);
5. Модулятор (U1);
6. Високовольтний блок (ВБ), що включає в себе помножувач напруги (U2) та вихідний підсилювач (A1);
7. Електроди (E1) та (E2).

**Висновок.** Завдяки створеній автоматизованій системі визначення типу шкіри шляхом вимірювання її опору та автоматичного підбору параметрів імпульсної характеристики, технічні параметри апарату покращуються, а ефективність його застосування стає значно вищою.

#### Список посилань

1. Дарсонваль: что это и его применение [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ortop.ua/darsonval-chto-eto-i-ego-primenenie/>
2. Принцип действия аппарата Дарсонваль [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.radugamed.ru/articles/art42.html>
3. Яненко О.П. Електронна апаратура лікувально-діагностичних технологій: навчальний посібник/ О.П. Яненко, В.П. Куценко, С.М. Перегудов – Донецьк :ППШ «Наука і освіта», 2011. – 212с.
4. IGBT транзисторы. Устройство и работа. Параметры и применение [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/igbt-tranzistory/>

УДК 004.9:658.5

Рзаєва С.Л., канд. техн. наук, доцент

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [rzaevasl@ukr.net](mailto:rzaevasl@ukr.net)

Рзаєв Д.О., ст. викладач

Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана, м. Київ, [ditomas@ukr.net](mailto:ditomas@ukr.net)

Ковальова Л.І., спеціаліст

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [kovalovamila@gmail.com](mailto:kovalovamila@gmail.com)

## **ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ ПІДПРИЄМСТВА**

Промислові підприємства України зустрічаються з критичними проблемами в процесі управління технологічними процесами у зв'язку з їх витратністю та простоями устаткування. Основними причинами такої ситуації є обмеження бюджету, геополітичні та економічні фактори, застарілі методології проведення технічного обслуговування устаткування тощо. В свою чергу державні підприємства світового значення, що експлуатують промислові комплекси, обмежені у використанні програмних ресурсів та інструментів в сфері технічного обслуговування, використовуючи й надалі принципи неавтоматизованого управління ресурсами. Системи, що розроблені іноземним ринком програмного забезпечення, є витратними для розгортання, ліцензування та технічної підтримки на промислових підприємствах.

Ці обмеження напряду впливають на швидкість перетворення способів організації виробництва, модернізацію устаткування та ефективність роботи промислових комплексів.

З огляду на вищезазначені обмеження, технічне обслуговування відіграє основну роль на всіх етапах життєвого циклу технологічного процесу. Тому, в такому випадку необхідно впроваджувати комп'ютеризовані системи управління технічним обслуговуванням на промислових комплексах державних підприємств як основний програмний ресурс, що забезпечує персонал інформацією щодо стану устаткування, виведення з експлуатації, періодичності проведення технічного обслуговування та оптимізує процес документування та подання інформації у формі звітності.

Технічне обслуговування – це комплекс методів та процедур для підтримки устаткування у справному стані чи працездатності в процесі експлуатації, зберіганні і транспортуванні [2].

Розрізняють основні типи технічного обслуговування:

а) поточне технічне обслуговування – нерегламентований процес, що виконується технічним персоналом і включає щогодинну, позмінну перевірку та контроль роботи устаткування (діагностика, огляд, змащення вузлів). Даний тип технічного обслуговування передбачає усунення виявлених дефектів без зупинки технологічного процесу;

б) планове технічне обслуговування – регламентований процес, що виконується в обов'язковому порядку згідно затвердженого регламенту робіт (щорічний план-графік ТО, щомісячний план-графік ТО, журнали ТО та ремонту устаткування, карти огляду). Даний тип ТО передбачає зупинку технологічного процесу чи робочої одиниці устаткування відповідно до план-графіків та регламентованих методів виконання робіт з ТО [0].

На початку проектування архітектури програмного забезпечення інформаційної системи управління технічним обслуговуванням головним завданням є визначення системних вимог. Системні вимоги до розробки програмного забезпечення:

- а) інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс;
- б) операційна система Windows 8/10;
- в) використання протоколу TCP/IP для передачі даних між сервером та клієнтом;

г) серверна частина, що використовує СКБД SQL Server Management 2019, для збереження та адміністрування бази даних системи. Основними особливостями даного середовища є: зрозумілий інтерфейс користувача та група інструментів з розширеним редактором сценаріїв для адміністрування БД; наявність Transact-SQL – мови компоненту Database Engine; продуктивність та масштабованість – властивості, що складаються з непрямих контрольних точок, що видаються в фоновому режимі для задоволення цільового часу заданого користувачем на відновлення бази даних; моніторинг та аудит БД, що надає заходи безпеки для перевірки бази даних та серверів.

Для проектування архітектури інформаційної системи було обрано діаграму розгортання, що описує організаційну сторону та підключення фізичних компонентів у проектованій системі. Дана діаграма використовується для деталізації моделі реалізації та перевірки наявності всіх аспекти функцій планового технічного обслуговування, яка має охоплювати дана система. Крім того, діаграма відображає, конфігурацію вузлів, що обробляються (на яких виконується система) і компоненти, що розміщені в цих вузлах. Діаграма розгортання системи управління технічним обслуговуванням зображена на рис. 1.

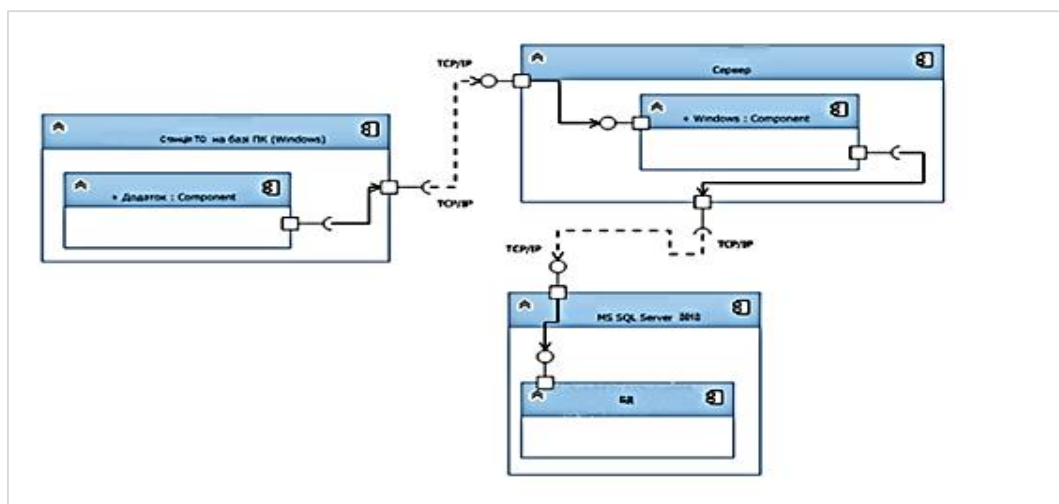


Рис. 1 – Діаграма розгортання компоненти інформаційної системи управління технічним обслуговуванням на підприємстві

До складу компонентів діаграми входять:

1. Станція технічного обслуговування на базі операційної системи Windows 8/10 з розробленим додатком (клієнтом) системи управління технічним обслуговуванням устаткування;
2. Сервер з операційною системою Windows Server 2019 або вище версії;
3. MS SQL Server 2019 є основною системою керування базою даних, що встановлюється на сервер, для управління та адміністрування базою даних;
4. CMMS – база даних системи управління технічним обслуговуванням устаткування;
5. Зв'язок між компонентами архітектури надається по протоколу TCP/IP.

Розробка архітектури будь-якої інформаційної системи завжди передуює її створенню, це дозволяє переконатися в архітектурній узгодженості проекту до того, як він буде реалізований в програмному коді.

#### Список посилань

1. Gennick J. SQL Pocket Guide / J. Gennick. – Sebastopol, O'Reilly Media, 2010. – 200 p.
2. Особливості технічного обслуговування устаткування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.getmaintainx.com/learning-center/equipment-maintenance>
3. Стратегії технічного обслуговування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com/cs/sc/5503/preventive-maintenance?lc=en-ww>

УДК

Харченко О.А., канд. техн. наук, доцент  
Степашкіна К.В., здобувач PhD, асистент

Державний торговельно-економічний університет», м. Київ, [k.stepashkina@knute.edu.ua](mailto:k.stepashkina@knute.edu.ua)

## ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ УСПІШНОСТІ ЗВО З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖНИХ СИСТЕМ

Останнім часом широко використовуються для оцінки діяльності провідних Університетів різні світові рейтинги. Університети стали значно більше приділяти уваги місцям у світових рейтингах, оскільки високі позиції в них дозволяють університетам залучати обдарованих студентів, талановитих професорів та дослідників. Крім цього, високі місця закладів вищої освіти в авторитетних світових університетських рейтингах є своєрідним показником конкурентоспроможності та успішності розвитку національної системи вищої освіти дозволяючи залучати додаткові джерела фінансування.

Слід зазначити, що, незважаючи на багаторічну історію та очевидні переваги застосування авторитетних світових рейтингів для оцінки діяльності провідних університетів, вони мають суттєві недоліки:

- високі позиції університетів в одних авторитетних світових рейтингах не гарантують їм високих позицій в інших рейтингах;
- динаміка зміни позицій окремих університетів в одних авторитетних світових рейтингах може значно відрізнятися від динаміки у інших рейтингах;
- методика складання багатьох авторитетних світових рейтингів постійно вдосконалюється та змінюється, що призводить до суттєвих змін позицій низки університетів у цих рейтингах.

Тому є актуальним проведення аналізу причин певних недоліків різних світових рейтингів, а також пошук, розробка та обґрунтування нових методів кількісної оцінки та прогнозування показників діяльності провідних університетів у контексті підвищення їх глобальної конкурентоспроможності, спрямованих на зниження цих недоліків. Актуальним є визначення необхідності розробки нових методів об'єктивного оцінювання та прогнозування показників діяльності закладів вищої освіти контексті підвищення їх конкурентоспроможності та поліпшення їх позицій у авторитетних світових рейтингах.

Питанням оцінки діяльності освітніх установ присвячено багато робіт зарубіжних авторів: Дж. Альтбах, Г. Вестерманн, К. Болсменн, Лю Нянцай, Л. Прітчетт, С. Г. Рівкін, Д. Салмі та ін.

Дослідженням у галузі використання апарату штучних нейронних мереж (ІНС) присвячені роботи Т. Кохонена, У. МакКаллока, С. Пайперта, М. Пілінського, Ф. Розенблатта, С. Хайкіна.

До вивчення проблематики аналізу та порівняння методів навчання нейронних мереж у різні часи долучалися провідні вчені світу, серед них: С.А. Федосин, О.А. Мар'їна, Д.О. Басенко.

Проблеми створення і застосування нейронних мереж досліджували П. Вассермен, Р. Ліпман, Х. Мохамад, Б. Перлмуттер, Д. Спешт, К. Фунахаши, С. Хайкін, Дж. Хопфілд, Д. Шофелт та ін.

Основні етапи побудови інтелектуальних систем прийняття рішень розглядали О.В. Нестеренко, О.І. Савенков та О.О. Фаловський.

Аналіз робіт дослідників дозволяє констатувати, що прогнозування показників діяльності провідних університетів у контексті підвищення їх глобальної діяльності конкурентоспроможності не підкріплені на сьогодні ефективними технологіями прикладного застосування апарату штучних нейронів мереж. Традиційно для вирішення подібного завдання використовуються методики оцінки діяльності університетів за різними

показниками діяльності з заданими авторами рейтингу вагами, що призводить до значних відмінностей між результатами рейтингів. Саме це визначає необхідність проведення досліджень у даному напрямку та до розробки на основі використання штучних нейронних мереж нових методів кількісної оцінки та прогнозування показників діяльності провідних університетів у контексті підвищення їх глобальної діяльності конкурентоспроможності.

Використання нейронних мереж у питаннях прогнозування освітніх процесів дозволить отримати результати з набагато вищим рівнем точності та меншими витратами часу.

Нейронні мережі – це розділ штучного інтелекту, у якому обробки сигналів використовуються явища, аналогічні що у нейронах живих істот. Особливість нейронної мережі, що свідчить про її широкі можливості та величезний потенціал, полягає у паралельній обробці інформації всіма ланками, що дозволяє прискорити процес обробки інформації. При великій кількості міжнейронних з'єднань мережа набуває стійкості до помилок, що виникають на деяких лініях [1].

Нейронна мережа має риси штучного інтелекту. Натренована на обмеженій безлічі даних мережа здатна узагальнювати отриману інформацію і показувати хороші результати на даних, що не використовувалися.

Нейронні мережі використовують для вирішення цілого ряду завдань, одним з цих завдань є прогнозування – це дуже потужний та гнучкий механізм при визначенні якого, потрібно вказувати змінні, які аналізуються та передбачаються. Дуже важливим є використаний рівень деталізації. На необхідний рівень деталізації впливають такі фактори: точність та доступність даних, вартість аналізу та переваги користувачів результатів прогнозування.

Прогнозування – це прогноз майбутніх подій. Метою прогнозування під час прийняття рішень є зменшення ризику. Можна збільшити точність прогнозу та зменшити збитки, надаючи прогнозу більше ресурсів, пов'язані з невизначеністю під час прийняття рішень.

Точність прогнозу, необхідно для вирішення конкретної проблеми, надає великий вплив на прогнозуючу систему. Методика побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень з метою реалізації методів експертних оцінок, маючи на увазі завдання прогнозування змісту освіти дає можливість автоматизації процесу вирішення даного питання.

#### Список посилань

1. Букреев, Д.О. Прогнозування фондового ринку за допомогою нейронних мереж / Д. О. Букреев // Інформаційні технології в освіті та науці: збірник наукових праць. 2018. – С. 36-43.
2. Sharov S.V. The Current State of Development of Intelligent Information Systems. S.V. Sharov // Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Seriia: Pedahohichni nauky. – 2015. – (130), P. 111-114.
3. Osadchyi V.V. Modern realities and trends of the development of information and communication technologies in education. V.V. Osadchyi, K.P. Osadcha // Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia. – 2015. 4 (48), P. 47-56.  
Retrieved from <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1252>.
4. Nesterenko O.V. Intelligent Systems for Decision-Making Support: O.V. Nesterenko, O.I. Savenkov, O.O. Falovskyi // Teach. Manual. Kyiv, Ukraine: Natsionalna akademiia upravlinnia. – 2016.
5. Galeshchuk S. Neural-Based Method of Measuring Exchange-Rate Impact on International Companies Revenue. S. Galeshchuk // Distributed Computing and Artificial Intelligence, 11th International Conference. Springer International Publishing. – 2014. – P. 529-536.

## МЕТОДОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ МАТРИЧНИХ РЕШІТОК КАРДАНО ДЛЯ КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

В даний час майже всі дані переходять в електронний вигляд. Разом з переходом інформації в цифрове середовище вдосконалюються методи несанкціонованого доступу до неї. Тому зараз, галуззю, яка стрімко розвивається, стає розробка та вдосконалення механізмів та засобів забезпечення безпеки даних. В зв'язку із зростанням кількості способів нелегального проникнення до інформації, засоби захисту інформації не повинні обмежуватися лише апаратними чи програмними. Захист інформації – це комплекс заходів, спрямованих на забезпечення інформаційної безпеки. Для забезпечення захисту інформації використовуються інструменти криптографії, стиснення та прихованої передачі даних.

Пропонується методологія використання матричних решіток для вирішення задач захисту інформації. Типова решітка Кардано, яку ще називають шифрувальною решіткою представляє собою трафарет прямокутної чи квадратної форми з отворами. В отвори записують інформацію, яку необхідно зашифрувати. Існує багато модифікацій решітки Кардано, зокрема поворотна решітка [1]. Прототип стандартної решітки Кардано був взятий за основу для створення матричної решітки. Матричні решітки Кардано побудовані на основі статистичного аналізу художнього англійського тексту та виконання операцій матричного криптографічного перетворення інформації [2]. Решітка заповнюється літерами англійського алфавіту. Спочатку необхідно виконати частотний аналіз тексту, на основі якого визначити частоту входження кожної літери в решітку. Операції матричного криптографічного перетворення вкажуть на розміщення літер в комірках решітки. Розроблена матрична решітка Кардано придатна для вирішення задач захисту текстової інформації.

Розглянемо детальніше принципи використання матричної решітки Кардано для шифрування, стиснення та прихованої передачі інформації.

Шифрування інформації матричною решіткою полягає в отриманні послідовності чисел, які вказують на комірки решітки, в котрих міститься інформація, яку необхідно зашифрувати в решітці. Звідси і схожість матричної решітки з типовою шифрувальною решіткою Кардано.

Стиснення інформації – алгоритмічне перетворення даних, яке виконується з метою зменшення їх обсягу. Оскільки для всіх художніх текстів характерною є надлишковість, доречним є їх стиснення. Стиснення інформації за допомогою матричної решітки Кардано передбачає процес заміни повторюваних символів парою чисел – зміщення і кількість повторюваних символів.

На останок, прихована передача інформації відкритими каналами зв'язку передбачає приховування самого факту передачі інформації, так як, передається не сама інформація, а лише пара чисел.

Подальший розвиток дослідження передбачає пошук матриці, яка стискає тексти якомога більшого розміру для визначення авторства.

### Список посилань

1. Грицюк Ю.І., Грицюк П.Ю. Математичні основи процесу генерування ключів переставлення з використанням шифру Кардано / Ю.І. Грицюк, П.Ю. Грицюк // Науковий вісник НЛТУ. – 2015. – №10(25). – С. 311–323.
2. Розломій І.О. Метод побудови матричних решіток Кардано для стиснення інформації / І.О. Розломій // Вісник ХНУ. Технічні науки. 2022. – №1(305). – С. 85–90.

УДК 616.12-07(043.2)

Кузовик В.Д., докт. техн. наук, професор

Безвершнюк К.О., асистент

Руденко Д.Б.,

Національний авіаційний університет, м. Київ, [5213610@stud.nau.edu.ua](mailto:5213610@stud.nau.edu.ua)

## АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

За офіційними даними Держкомстату [1], з усіх смертей в Україні майже 70% смертей (рис. 1) були захворювання серцево-судинної системи (ССС). Офіційна статистика показала, що більшість українців помирають від високого тиску, гіпертонії, інсультів, інфарктів міокарда, серцевої недостатності, стенокардії, аритмії та інших серцево-судинних захворювань. За цими показниками Україна обігнала декілька країн Європи.

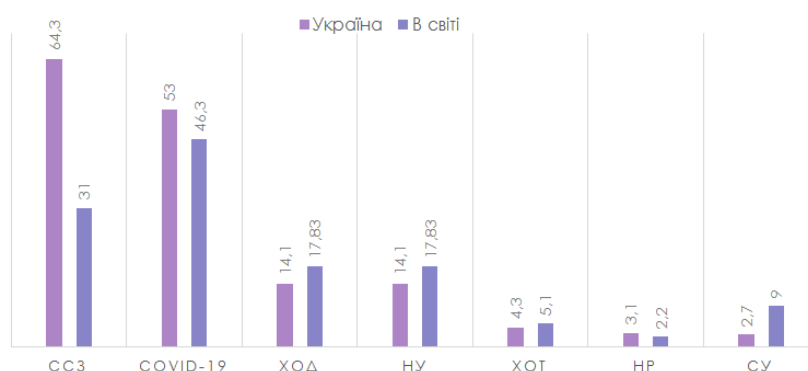


Рис. 1 – Причини смертності населення: ССЗ - серцево-судинні захворювання; ХОД - хвороби органів дихання; НУ - новоутворення; ХОТ - хвороби органів травлення; НР- нервові розлади; СУ - самоушкодження

Поєднання коронавірусної інфекції з серцево-судинними захворюваннями формує додаткові складності в діагностиці, визначення пріоритетної тактики, зміна порядків маршрутизації пацієнтів з невідкладним станом, вибору терапії. Ситуація ускладнюється дефіцитом інформації, значним об'ємом щоденних, зазвичай суперечливих, публікацій по даним питанням, та вкрай високою важливістю рішення ряду питань для клінічної практики. Тому, основною метою являється підвищення якості оцінювання серцево-судинних захворювань за допомогою розробки апаратно-програмного комплексу, що допоможе суттєво зменшити час для діагностування стану серцево-судинної системи організму людини та значно зменшити витрати на цей процес.

Для оцінювання стану серцево-судинної системи необхідно використовувати методику, що поєднує в собі не лише засоби дослідження та обробку результатів, а й безпосередньо програмне забезпечення, що служить аспектом впливу на подальший діагноз. На рис. 2 зображено алгоритм розробки апаратно-програмного комплексу, що складається з трьох етапів. Перший етап проводиться за допомогою лікарів, як проводять попередній анамнез для визначення чинників впливу на стан системи. Другий етап пов'язаний з використанням засобів дослідження стану серцево-судинної системи, що служать для отримання значень основних показників характерних для захворювання при COVID-19.

Третій етап поєднує в собі обробку отриманих персональних даних та значення показників серцево-судинної системи. Після чого відбувається надання рекомендацій лікарю щодо додаткових досліджень (рис. 3).

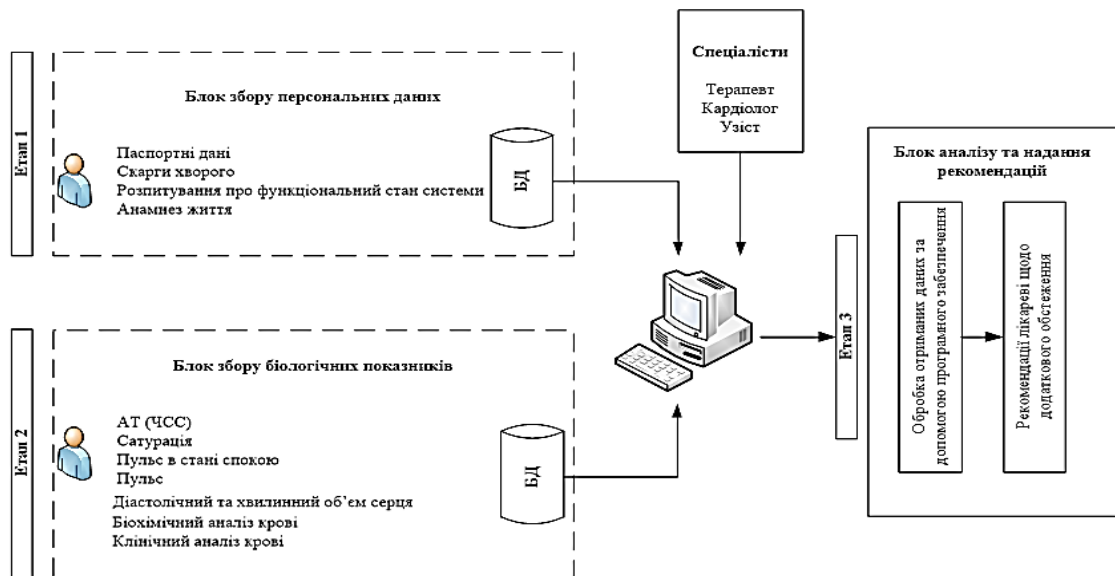


Рис. 2 – Алгоритм апаратно-програмного комплексу дослідження ССС

Для вирішення проблеми були вирішені наступні задачі:

- проведено аналіз існуючих методів дослідження стану серцево-судинної системи;
  - розроблено методику оцінювання стану серцево-судинної системи на основі проаналізованих методів;
  - створення АПК для аналізу стану серцево-судинної системи під час захворювання коронавірусною інфекцією та прогнозування ймовірності діагнозу серцевих захворювань.
- У результаті отримання рекомендацій полегшується процес дослідження ССС.

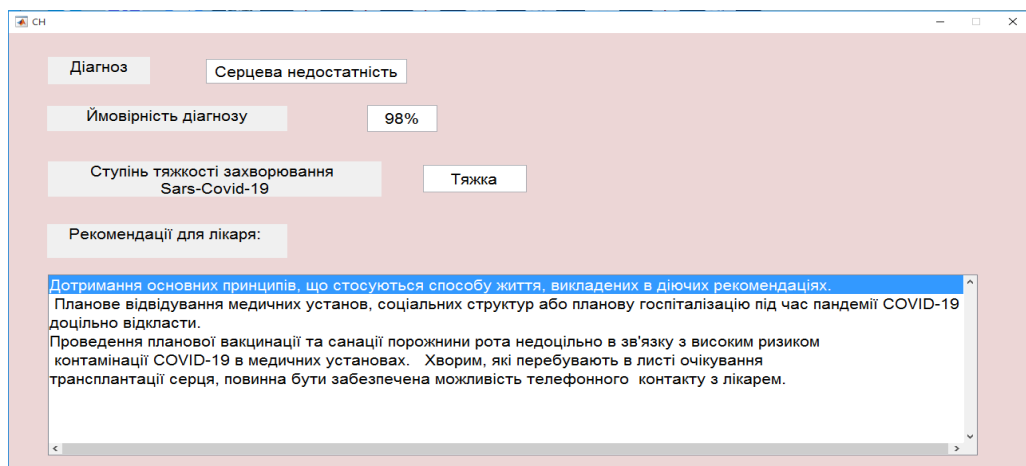


Рис. 3 – Результат роботи апаратно-програмного комплексу

Розроблений апаратно-програмний комплекс може бути використаний: для збільшення інформативності діагностичних висновків, а також для ефективності оцінювання стану серцево-судинної системи впродовж всього періоду захворювання.

### Список посилань

1. Держстат України, 1998-2020 Дата останньої модифікації: 30.06.2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2007/ds/nas\\_rik/nas\\_u/nas\\_rik\\_u.html](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2007/ds/nas_rik/nas_u/nas_rik_u.html)
2. Почти 70% смертей украинцев — от сердечно-сосудистых заболеваний [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://solena.ua/news/pochti-70-ukraintsev-umirayut-ot-serdechno-sosudistyh-zabolevanij-funny-dali-tsennyj-sovet/>
3. Рух крові по судинах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/9/9-17/9-179109.html>

УДК 389.002.08

Дарницький Ю.В., мол. наук. співробітник,  
Зозуля Л.А., ст. наук. співробітник,  
Следнікова О.С., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник,  
Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,  
[sliednikova@gmail.com](mailto:sliednikova@gmail.com)

## АНАЛІЗ ПРИЛАДІВ ВИМІРЮВАННЯ ДУЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ

Зараз необхідним завданням є закупка сучасної зброї з високими характеристиками потужності та точності. Перед закупкою необхідно провести оцінку відповідності зброї заявленим характеристикам виробника. Визначення параметрів руху, а саме швидкості, снарядів та куль є актуальною задачею.

В патенті [1] описано диференційний доплерівський прилад вимірювання швидкості руху кулі в каналі ствола артилерійських систем та стрілецької зброї. Особливістю даного приладу є визначення швидкості кулі на протяжності каналу ствола (різної зброї). Даний прилад може бути застосований для оцінки стану зброї та боєприпасів.

В роботі [2] описано прилад призначений для вимірювання швидкості. Є можливість підключення до ПК через USB для запису даних вимірювання. У польових умовах може працювати автономно до 24 годин, записує та зберігає результати 250 вимірювань у енергонезалежній пам'яті. Заряджати пристрій можливо через USB. Діапазон вимірювання швидкості приладом 24-15000 м/с.

ВАТ “Холдингова компанія “Укрспецтехніка” створила радіолокаційний прилад вимірювання швидкості руху снарядів та куль [3]. Даний прилад можна розмістити на тринозі, кріпленні на САУ та на танках. Також його можна інтегрувати в системи артилерійського вогню. Діапазон вимірювання приладом швидкості снаряда 50-2000 м/с, діапазон калібрів – 4,5-240 мм, похибка вимірювання до 0,1 %.

Хронограф LabRadar Ballistic Velocity Doppler Radar [4] призначений для вимірювання швидкості кулі гвинтівок (330-1200 метрів в секунду), рушниць, пістолетів (75-520 метрів в секунду). Прилад має внутрішню пам'ять і SD-карту, працює автономно або від зовнішнього джерела живлення. Має програмне забезпечення для подальшого аналізу отриманих даних на ПК. Можна кріпити на штативі. Похибка вимірювання 0,1%.

Система вимірювання дульної швидкості SL-520PE [5] призначена для вимірювання швидкості від 30 до 10000 м/с з загальною точністю до 0,05%. Здійснює вимірювання всіх типів боєприпасів і калібрів. Може зберігати більше 1000 результатів вимірювань початкової швидкості в енергонезалежній пам'яті. Має технологію самокалібрування, яке відбувається протягом всього періоду експлуатації.

З наведених вище приладів, що вимірюють швидкість руху боєприпасів найбільш універсальним і точним є SL-520PE. Перевагою якого є також опція самокалібрування.

### Список посилань

1. Патент України на корисну модель № 96388 МПК G01S 17/02. Диференційний лазерний доплерівський вимірювач швидкості руху металевого елемента в каналі ствола; заявл. 10.06.2014; опубл. 10.02.2015. Бюл №3.
2. Патент України на корисну модель № 102365 МПК G01P 3/36, G02B 27/48. Пристрій вимірювання швидкості; заявл. 30.04.2015; опубл. 26.10.2015. Бюл №20.
3. Радіолокаційна станція вимірювання швидкості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ust.com.ua/item/radiolokacijna-stanciya-vimiryuvannya-shvidkosti/>
4. Хронограф LabRadar Ballistic Velocity Doppler Radar [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://punisher.com.ua/ua/khronograf-labradar-ballistic-velocity-doppler-radar/>
5. Керівництво по експлуатації системи вимірювань дульної швидкості SL-520PE – Данія, 2015. – 230 с.

УДК 004.032.6

Шабала Є.Є., канд. техн. наук, доцент,  
Клюєва В.В., ст. викладач,

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, [vvk27@ukr.net](mailto:vvk27@ukr.net)

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВІДЕОТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС ПАНДЕМІЇ COVID-19

Пандемія коронавірусу, яка охопила світ у 2020 році, докорінно змінила життя усього населення планети. Невпевненими кроками людство повертається до звичного способу життя: подорожування, здобуття освіти у приміщеннях начальних закладів, роботи в офісах. І тут гостро постало питання контролю за дотриманням робітниками та відвідувачами правил респіраторної гігієни. Інтелектуальні відеотехнології продемонстрували величезний потенціал, щоб допомогти компаніям подбати про безпеку своїх співробітників та клієнтів при поверненні до роботи офлайн.

Під час пандемії клієнти, відвідувачі та персонал повинні мати можливість покладатися на дотримання правил гігієни, щоб мінімізувати ризик зараження кожного. Для цього необхідні додаткові ресурси персоналу для перевірки того, що у людей належним чином надягнуто маску, та для виявлення потенційно інфікованих осіб, температура тіла яких перевищує нормальний рівень. Ефективним рішенням є використання інтелектуальних систем відеонагляду та додаткових пристроїв, щоб гарантувати дотримання співробітниками життєво важливих запобіжних заходів, включаючи соціальне дистанціювання, носіння масок, а також забезпечувати контроль температури.

На сьогоднішній день для запобігання розповсюдження вірусу Covid-19 одними з основних технічних рішень є тепловізори та інтелектуальні системи розпізнання захисної маски на обличчі..

**Тепловізори**, в тому числі і **тепловізійні камери** (рис. 1) в умовах розгортання епідеміологічної загрози широко використовуються на великих територіях, таких як вокзали, аеропорти, торговельні центри, у громадському транспорті, тобто там, де є найбільша загроза інфікування населення [1, 2]. Тепловізійні ІР-камери із вбудованим тепловізором дозволяють протидіяти розповсюдженню вірусу. Така система тепловізійного контролю передбачає виведення інформації термоскринінгу на відеореєстратор та використання бази даних. У разі, коли камера відеоспостереження зафіксує у людини температуру вище заданого еталона, інформація автоматично буде відображатися на екрані пульта та буде подане звукове сповіщення.



Рис.1 – Циліндрична камера від Hikvision із вбудованим тепловізором

### *Інтелектуальні системи розпізнавання захисної маски на обличчі.*

Відслідковувати дотримання вимоги правильно одягнутого засобу індивідуального захисту силами поліції чи охорони не просто. Але завдяки машинному зору, що використовується у системах інтелектуального відеоспостереження [3], дозволяє автоматично виявляти людей, на обличчі яких немає захисної медичної маски, і повідомляти про загрозу або запускати інші реакції. Завдання даної системи – визначити наявність маски на обличчі, уникаючи хибних спрацювань сигналу сповіщення, наприклад, на бороду, вуса. Від сучасних систем розпізнавання досить складно ухилитися, наприклад, пройшовши пункт контролю без маски, з прикритим рукою обличчя. У таких випадках інформація про порушення або про невідповідність умов проходу буде відправлена оператору у центр обробки даних.

Виявлення порушень проводиться шляхом аналізу відеопотоків, що отримуються з мережевих камер, встановлених в установі (видимий та інфрачервоний діапазони). Обробка відеоданих виконується на основі нейромережевих алгоритмів, а результатом обробки відеопотоку є інформація про наявність або відсутність в області аналізованої сцени об'єктів визначеного класу (обличчя без захисної маски). Система визначає наявність маски на обличчі та правильність її носіння (рис. 2). Також вона може вести статистику порушень та голосом сповіщати людину про порушення. Крім того, факт порушення повідомляють особам, які відповідають за дотримання епідеміологічного режиму у тій чи іншій установі.



Рис.2 – Визначення осіб без засобів індивідуального захисту

Для дотримання безпеки у компаніях та доступу до приміщення офісу під час пандемії використовуються **мультибіометричні термінали**. Наприклад, мультибіометричний термінал ZKTeco SpeedFace-V5L[TD] з розпізнаванням облич, в тому числі у масках, та функцією виявлення підвищеної температури тіла, зі скануванням долоні та відбитка пальця забезпечує швидке та точне вимірювання температури тіла, а також ідентифікацію особи у масці під час перевірки обличчя та долоні, що особливо актуально у період розповсюдження інфекційних захворювань.

### **Список посилань**

1. Колобродов В.Г. Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження / В.Г. Колобродов, М.І. Лихоліт – Київ: НТУУ “КПІ”, 2007. – 363 с.
2. Мисюк Ю.П. Тепловізори як сучасні інтегровані технічні засоби охорони державного кордону / Ю.П. Мисюк // Світлотехніка та Електроенергетика. – 2011. – Вип. № 3. – С. 43–49.
3. Інтелектуальне відеоспостереження: нові архітектурні зміни [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://worldvision.com.ua/intellektualnoe-videonabludenie-novye-arkhitekturnye-izmeneniya/>

УДК 612:656.7.086.1 (044)

**Архирей М.В.,**  
**Буриченко М.Ю., канд. техн. наук, доцент**  
Національний авіаційний університет, м. Київ, [marina1709@i.ua](mailto:marina1709@i.ua)

## **ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ВІД БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**

Складнощі оцінювання функціонального стану таких складних об'єктів як біологічні системи полягають у необхідності вимірювання та аналізу багатопараметричних сигналів від даних об'єктів [1]. Аналіз сигналів від біологічних систем пов'язаний з наступними особливостями: нелінійність, незворотність у часі, фрактальність, довготривалі кореляції та інші. Такі сигнали часто нестаціонарні та мають динамічне та структурне вираження. В основі даних сигналів присутня мінливість та можливість адаптації як протидії до зовнішніх факторів, тому вибір адекватних математичних методів обробки сигналів від біологічних об'єктів є складним багатовимірним завданням [2]. Враховуючи, що біологічні системи різного рівня мають постійний вплив від зовнішніх факторів та за допомогою зворотного зв'язку використовують методи адаптації та компенсації від різних підсистем організму для забезпечення фізіологічного функціонування, у випадках патофізіологічних змін та старіння, зокрема, пропонується використання методів нелінійної динаміки для аналізу біологічних сигналів. Так, наприклад, для оцінювання варіабельності серцевого ритму активно застосовують методи оцінювання коливань серцебиття в різних часових масштабах.

В роботі проаналізоване використання декількох методів нелінійної динаміки для оцінювання варіабельності серцевого ритму та визначені їх особливості, переваги та недоліки: степенева кореляція, аналіз флуктуацій без тренду (Detrended Fluctuation Analysis, DFA), мультифрактальний аналіз, багатомасштабна ентропія (Multiscale Entropy, MSE), карти Пуанкаре та інші.

Використання методів нелінійної динаміки дозволяють визначити зміни варіабельності серцевого ритму при різних фізіологічних і патологічних станах. Такий підхід дозволяє отримати додаткову інформацію для завдань прогнозу функціонального стану біологічних систем [3]. Використання методів нелінійної динаміки в поєднанні з традиційними методами аналіз в часовій та частотній областях надають змогу підвищити ефективність оцінювання та прогнозу. Для виявлення динамічних змін серцевого ритму необхідно застосовувати підходи для виявлення та аналізу характеристик нелінійних систем та їх динаміки, що надає додаткову інформаційну складову як про поточний фізіологічний стан так і про можливі патофізіологічні зміни. У зв'язку з тим, що регуляція адаптивними змінами за рахунок серцево-судинної системи має високий ступінь впливу, дослідження детермінованих нелінійних складових надасть змогу підвищити ефективність як оцінювання так і прогнозу не тільки серцево-судинної підсистеми, а і всього біологічного об'єкту зокрема.

### **Список посилань**

1. 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.
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. 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.

УДК 681.015

Фешанич Л.І., канд. техн. наук, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ,  
[lidia.feshanych@gmail.com](mailto:lidia.feshanych@gmail.com)

### ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ФАЗОВИХ ТРАЄКТОРІЙ ДЛЯ СИСТЕМИ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ВІДХИЛЕНЬ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТИВ

Дослідження передбачає розвиток області застосування методу фазових траєкторій на системі раннього виявлення відхилень процесу роботи газоперекачувального агрегату (ГПА), які у зв'язку з наявністю нелінійних витратно-напірних характеристик можуть бути віднесені до класу нелінійних систем.

В нелінійних системах на фазовому портреті може бути декілька особливих точок  $M_1, M_2, M_3, \dots$ . Завданням дослідження є не тільки визначення місця особливих точок, але й встановлення факту їхньої стійкості або нестійкості.

Для помпажних явищ у системі “відцентровий нагнітач газоперекачувального агрегату – трубопровід” фазова траєкторія має вигляд спіралі, що розкручується, і зображувальна точка  $M$  рухається від початку координат, тобто особлива точка є “нестійким фокусом”. Щодо фазового портрету САК ГПА загалом, то він має єдину стійку особливу точку  $0$  (рис. 1), тому і система стійка. Проте граничний цикл  $M_1, M_2$  нестійкий, оскільки звичайні траєкторії відходять від нього як із середини так і ззовні. Зображувальна точка  $M$  наближається до особливої точки  $0$  лише тоді, коли її початкове положення перебуває в заштрихованій області, обмеженій граничним циклом  $M_1, M_2$  [1].

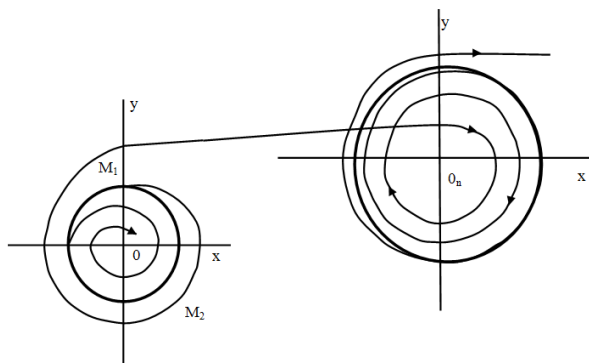


Рис. 1 – Фазовий портрет САК ГПА з особливою точкою в початку координат і двома граничними циклами

Якщо ж початкове положення зображувальної точки  $M$  перебуває в незаштригованій області фазової площини, то тоді точка  $M$  буде рухатись від граничного циклу і точки  $0$ . Тому область “атрактор тяжіння” особливої точки  $0$  обмежена і не охоплює усієї фазової площини. Отже, система, з фазовим портретом (рис. 1) стійка в малому, а граничний цикл  $M_1, M_2$  є нестійким. Він є межею, яка відокремлює один тип фазових траєкторій від іншого – того, що описує явище помпажу.

Відзначимо, що фазові портрети дають певні уявлення про динаміку нелінійних систем другого порядку при детермінованих збуреннях, зокрема про точність, стійкість і якість процесів.

#### Список посилань

1. Sementsov, H. N. Informative technology of early diagnosis of deviated gas compression process from normal gas process [Text] / H. N. Sementsov, L. I. Feshanych // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2016. – № 5. – С. 137 – 143.

УДК 629.7.058

Аркушенко П.Л., канд. техн. наук,  
Андрушко М.В.,  
Шейн І.В.,  
Кузьміч О.Є.,

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,  
[apl1981@ukr.net](mailto:apl1981@ukr.net)

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

Сучасний етап розвитку протистояння озброєння та ескалація збройних конфліктів, особливо у розрізі останніх подій в Україні, вимагає новітнього і високоякісного озброєння та військової техніки (ОВТ) [1]. Створення якого є складний технологічний процес. В доповіді приведені результати аналізу типових методик випробувань виробів озброєння та військової техніки для потреб сектору оборони. Вказано на їх основні переваги та недоліки. Визначено потребу в підвищенні якості виробів ОВТ, на стадії розробки, за рахунок впровадження перспективних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) для визначення їх кількісних характеристик під час випробувань.

Приведені варіанти використання ІВС для виробів ОВТ різного функціонального призначення. На основі аналізу удосконаленої математичної моделі ІВС для оцінювання характеристик ОВТ [2-4], сформульовані загальні технічні вимоги до неї.

Визначено основні критерії для визначення переліку основних та додаткових характеристик, які підлягають вимірювальному контролю.

Зроблено висновок, що використання ІВС під час випробувань ОВТ, на відміну від існуючих методів дозволить збільшити зменшити час, експлуатаційні витрати на проведення випробувань. А також дозволить отримати комплексну оцінку якості виробу від початку експерименту до моменту його завершення.

### **Список посилань**

1. Чепков И.Б., Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Система полигонных испытаний вооружения и военной техники: методологические основы / под ред. И.Б. Чепкова // Монография. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2016. – 220 с.
2. Андрушко М.В. Розгляд алгоритмів вибору та формування складових бортових інформаційно-вимірювальних комплексів та реєструючи систем. Особливості їх застосування / М.В. Андрушко, І.В. Шейн // Новітні технології – для захисту повітряного простору. Збірник тез доповідей на 17 науковій конференції 14-15 квітня 2021р. – Х : ХНУПС, 2021.– 215 с.
3. Современные измерительные системы и их возможности (на примере продукции фирмы imc) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.sensorika.com/>
4. Аркушенко П.Л. Раціональна модель функціонування системи контролю польотів повітряних суден державної авіації України / П.Л. Аркушенко, С.В. Ратушний, О.П. Флорін // Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах. Збірник тез доповідей науково-технічної конференції 02-03 вересня 2021 р. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2021. – 29 с.

УДК 004.738.5:004.77

Курдеча В.В.,  
Ткаченко В.М., студент,  
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,  
[vitalik26tkachenko@gmail.com](mailto:vitalik26tkachenko@gmail.com)

## АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ПРИ ПОБУДОВІ МЕРЕЖІ

Кожного року кількість підключених приладів до Інтернету зростає швидше, ніж збільшується популяція людей у світі. Інтернет речей є важливим аспектом сьогодення. Рішення IoT знаходять себе в таких сферах як: індустрія, медицина, торгівля, транспортування, сільське господарство, енергетика, розумне місто та багато ін. Розмаїття систем IoT призводить до наявності проблем проектування та створення подібних мереж. Метою даної роботи є класифікація проблем технології Інтернету речей, що дасть змогу нівелювати їх під час побудови мережі.

В результаті аналізу проблем, останні було згруповано (рис.1).



Рис. 1 – Проблеми Інтернету речей

Згідно рис. 1 можна сформулювати характеристику кожної групи проблем:

1) Однією з проблем IoT є відсутність об'єднаного стандарту, що описував би регулювання та чітко визначені рекомендації, яким б могли користуватись всі зацікавлені в цій сфері. Такі компанії як: ETSI, ITU, IETF, IEEE працюють над стандартизацією. Через різноманіття пристроїв, мов, протоколів, додатків та вже створених стандартів створення єдиного стандарту стає справжнім випробуванням.

2) Суттєвою проблемою для IoT є проблема енергоефективності. Безпроводові технології потребують більшої кількості енергії ніж провідні, що потребує процедури оптимізації за критерієм енергоефективності. При цьому важливим фактором є безперебійність роботи системи.

3) Масштабованість це здатність розширювати систему додаючи нові пристрої, протоколи та ін., не впливаючи ніяким чином на всю систему загалом. Зі зростанням кількості нових пристроїв зростає потреба в новій комунікаційній моделі, так як централізована клієнт-серверна архітектура, наприклад, неефективна для сенсорних мереж Інтернету речей.

4) Гетерогенність пристроїв, протоколів, програм, мов, операційних систем, підходів до проектування та ін. створює проблему в інтеграції(сумісності). Виникають питання як пристрої будуть комунікувати один з одним, як буде працювати політика збереження та

знищення даних, юридична відповідальність за ненавмисне використання пристроїв IoT, порушення безпеки та конфіденційності та ін.

5) Деякі з технологій застосованих в будь-якій системі згодом застаріють, що зробить пристрої непотрібними.

6) Аналіз та обробка великої кількості інформації з різних ресурсів має бути швидкою та якісною.

7) Безпека являє собою одну з основних проблем IoT. Система має надійно ідентифікувати і знаходити об'єкти IoT, аутентифікувати і авторизувати користувача IoT, забезпечити приватні дані споживача від витоку в інтернет, а також захист програмного забезпечення.

8) Досить важливою проблемою є створення адекватної та надійної архітектури, адже кількість проектних рішень за деякими оцінками перевищує 1.5 мільйонів варіацій. Багато що потрібно враховувати при розробці, наприклад: яким способом дані зчитуються з пристроїв і передаються в інтернет, як буде забезпечена відмовостійкість і в яку ціну обійдеться втрата даних, збереження і оброблення даних, які протоколи вибрати під ті чи інші потреби та багато ін.

Щодо критеріїв, які мають бути покладені в основу побудови мережі Інтернету речей, то доцільно виділити наступні:

1) Безпека мережі. В залежності від типу мережі вибирається компроміс між безпекою даних та затратами ресурсів на функціонування системи безпеки.

2) Енергоефективність. Цей критерій традиційно красується для мереж Інтернету речей. І особливо для сенсорних мереж.

3) Масштабованість. Критерій є критичним для динамічнозмінюваних мереж.

4) Сумісність. Критерій необхідно враховувати перш за все для гетерогенних мереж.

5) Довговічність. Критерій впливає з мети створення мережі.

6) Аналіз та обробка інформації. Критерій визначає застосування туманних, хмарних та граничних обчислень.

7) Архітектура. Критерій вибору архітектури є одним з ключових при проектуванні мережі Інтернету речей.

Застосування даних критеріїв забезпечить системність підходу при проектування мереж Інтернету речей, та спростить врахування потенційних проблем, які було проаналізовано та класифіковано в публікації

#### Список посилань

1. J. Yamnenko, L. Globa, V. Kurdecha and A. Zakharchuk, "Data Processing in IoT Systems based on Fuzzy Logics," 2019 Modern Electric Power Systems (MEPS), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/MEPS46793.2019.9395055.

2. L. Globa, V. Kurdecha, I. Ishchenko and A. Zakharchuk, "An approach to the Internet of Things system with nomadic units developing," 2017 14th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM), 2017, pp. 248-250, doi: 10.1109/CADSM.2017.7916127.

3. Perry Lea, Internet of Things for Architects – 2018. – С. 513.

4. IoT Threat Detection Advances, Challenges and Future Directions. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9097762>

5. INTERNET OF THINGS: APPLICATIONS, CHALLENGES AND RESEARCH ISSUES. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9032474>

6. A Review on IoT: Protocols, Architecture, Technologies, Application and Research Challenges. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9058228>

7. Internet of Things: Security Challenges for Next Generation Networks. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7542301>

8. Review-IoT Security Research Opportunities. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9318641>

УДК 004.738.5:339

Харченко О.А., канд. техн. наук, доцент,

Яремич В.Р., аспірант,

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [v.yaremych@knute.edu.ua](mailto:v.yaremych@knute.edu.ua)

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ

За дуже короткий час із запровадженням електронної комерції традиційні організаційні моделі торгівлі докорінно змінилися. В даний час більшість середніх і великих компаній мають веб-сайти, за допомогою яких вони розвивають інформаційну складову підприємництва (каталоги, комунікації з ринком тощо). Чергування різних моделей електронної комерції відбувалося паралельно з еволюцією Інтернет-потенціалу.

Інтернет дає можливість працювати на ринку товарів і послуг, без зовнішніх територіальних обмежень, але можуть виникати інші перешкоди для компанії. І дуже часто це саме внутрішні проблеми підприємства, які мають відношення до організаційної складової компанії, щодо можливості задовольнити всі запити, що надходять з ринку, щодо організації логістики та забезпечення здійснення торгівлі за межами національних кордонів. Також необхідно враховувати дотримання відповідного законодавства: значна кількість інтернет-магазинів, дуже часто не дотримується встановлених правил і ризикують понести передбачені законодавством санкції.

Перш ніж розпочати будь-яку діяльність з електронної комерції, на підприємстві виникає необхідність реорганізації корпоративних структур і функцій. Керівництво компанії повинно проаналізувати поточний потенціал компанії, зміни, які потрібно зробити, і ресурси, необхідні для досягнення поставлених цілей. Це, безумовно, тривалий і трудомісткий процес, але тим часом, обмеживши зону дії, наприклад, в межах національних кордонів, можна почати розуміти, які застосовувати механізми для цього нового каналу, можливості для розширення власного ринку і потреби «нових» споживачів, проведення свого роду ринкового тесту, який може допомогти перевірити та виправити обраний курс.

Основні можливості, які електронна комерція пропонує компаніям, можна окреслити таким чином:

1. Зменшення бар'єрів для входу на ринок.
2. Підвищення конкурентоспроможності ринків.
3. Виробництво, орієнтоване на попит.
4. Реконфігурація ланцюга створення вартості.
5. Зниження витрат.

Також можна виділити і переваги для споживачів, згрупувавши наступним чином:

1. Великий вибір.
2. Налаштування продуктів і послуг.
3. Підвищення якості послуг.

Очікується, що використання електронної комерції стане необхідною реальністю, оскільки вона дає змогу купувати будь-який продукт, від найпоширенішого до найбільш специфічного, у будь-якій точці світу, у будь-який час і з максимальним комфортом. Також є переваги для продавця, який, не маючи магазинів і великої кількості персоналу, має можливість знизити відпускні ціни на товар, не впливаючи на його маржу. За даними eMarketer, частка продажів електронної комерції у загальних глобальних роздрібних продажах вже сягнула 20.3% у 2022 році і має досягти 23,6% у 2025 році [1].

### Список посилань

1. Global Ecommerce Forecast 2022 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.emarketer.com/content/global-ecommerce-forecast-2022>

УДК 004.52

Бурбан О.В., канд. фіз.-мат. наук,  
Волинський фаховий коледж Національного університету харчових технологій, м. Луцьк,  
[sashaboorman@gmail.com](mailto:sashaboorman@gmail.com),

Поліщук М.М., канд. техн. наук, доцент,  
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, [polishchuk.kolia@gmail.com](mailto:polishchuk.kolia@gmail.com)

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ВМИКАННЯ СВІТЛА ІЗ ЗВУКОВИМ КЕРУВАННЯМ

Швидкий розвиток сучасної техніки спричиняє постійне вдосконалення побутових приладів. На даний час найпростіші прилади, такі як чайник, праска, освітлення та багато інших можуть бути елементами розумного будинку. Такі прилади можуть керуватись та налаштовуватись людиною, аналізувати певні навколишні показники та автоматично реагувати на різні зовнішні чинники. Тому дослідження впливу різних технічних та технологічних параметрів на ефективність роботи апаратно-програмних комплексів призначених для керування елементами розумного будинку є досить актуальним.

Досить поширеними на даний час є блоки контролю навколишнього середовища (ECU) які дозволяють керувати приладами у своєму домі чи на роботі [1]. Керування приладами може відбуватись як у межах локальної мережі, так і через Internet. Тобто користувачу для зміни параметрів роботи певного пристрою достатньо мати доступ до необхідної мережі та відповідну діалогову систему, яка буде відповідати за взаємодію із користувачем.

На даний час розробляються мультимодальні діалогові системи, які обробляють два або більше комбінованих режимів введення користувача, таких як мова, зображення, відео, дотик, ручні жести, погляд, а також рух голови та тіла [2]. Проте, найбільш поширеними діалоговими системами на сьогодні є голосові персональні помічники: Google Assistant, Amazon Alexa, тощо.

Ефективність таких голосових помічників значною мірою буде залежати від ефективності перетворення голосових сигналів в цифровий код. На правильність таких перетворень можуть впливати якість та властивості первинних датчиків, тобто мікрофонів які сприймають звук, АЦП які оцифровують отриманий сигнал, а також параметри використаного звукового сигналу: тембр, висота та гучність голосу, тощо.

Тому, дослідження ефективності роботи голосових систем керування розумним будинком в залежності від різних параметрів, фізичних та технічних умов є досить актуальним на сьогодні.

В даній роботі досліджувались залежності ефективності керування освітленням голосовими помічниками в залежності від різних голосів які надають команди, відстані між джерелом звуку та мікрофоном, різних мікрофонів.

Для розпізнавання голосу використовувався сервіс голосового помічника Google Assistant. Підключення до мережі Internet та безпосереднє керування виконавчими приладами виконувалось платою NodeMCU ESP8266. Вона забезпечує перетворення відповідного мережевого повідомлення у сигнали управління відповідними світловими приладами.

### Список посилань

1. Noda K. Google Home: smart speaker as environmental control unit / K. Noda // Disability and Rehabilitation: Assistive Technology. – 2018. – №7. – P. 674-675, doi: 10.1080/17483107.2017.1369589.
2. Kępuska V. Next-generation of virtual personal assistants (Microsoft Cortana, Apple Siri, Amazon Alexa and Google Home) / V. Kępuska and G. Bohouta// 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). – 2018. – P.99 – 103, doi: 10.1109/CCWC.2018.8301638.

УДК 004.94

Подопригора А.А., студентка,  
Міхайлуца О.М., канд. техн. наук, доцент,  
Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, [elenamikhaylutsa7@gmail.com](mailto:elenamikhaylutsa7@gmail.com)

## СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ BLENDER

У сучасному світі дедалі більше інноваційних методів впроваджується у технічний процес. 3D – моделювання відносно новий напрямок, який швидко розвивається та застосовується у багатьох областях. Часто виробництву потрібно створити об'ємний візуальний образ бажаного об'єкта задля демонстрації створюваного виробу при різному освітленні ще до його виготовлення. Створювана модель використовується у випадках, коли необхідно змодельовати об'єкт для попереднього аналізу або для демонстрації у презентаціях, сайтах чи рекламі.

Проект спрямовано на впровадження сучасних тривимірних графічних технологій у виробничу сферу. Розробка 3D-моделі із застосуванням фізично коректних матеріалів, яка буде якомога реалістичніша і наближена до дійсного відображення, є досить актуальною та поширеною темою. 3D-моделі часто зустрічаються у повсякденному житті сучасної людини, але не завжди вдається відобразити об'єкт відповідно дійсності. Задля досягнення ефекту реальності моделі використовуються модифікатори Subdivision Surface та Bevel програмного пакету Blender [1].

На сьогоднішній день Blender є готовим рішенням для повного циклу роботи з тривимірною графікою [2]. Blender є вільним кросплатформенним додатком для тривимірного моделювання, рендерингу, анімації з відкритим вихідним кодом, запускається на Linux, macOS і Windows та підтримується організацією Blender Foundation. Розвиваючись, Blender стає все популярнішою програмою, яка в даний момент конкурує з такими тривимірними ліцензійними пакетами як Autodesk 3Ds Max та Autodesk Maya.

Особливістю Blender є те, що програма поєднує у собі велику кількість інструментів моделювання та має можливість програмування мовою Python. Однією з переваг Blender є невелика вага застосунку та вихідних моделей, а також невисокі вимоги до персонального комп'ютера. Програма включає значну кількість засобів для створення тривимірної графіки. Так, у Blender можна оперувати системами частинок, контролювати ваги окремих частинок при текстурованні та використовувати зовнішні сили, наприклад, вітер [3].

Для створення тривимірної моделі використовується зріз прямого моделювання Blender. Для досягнення фінального результату, такого як якісне фото реалістичного рендера, застосовується набір різних інструментів. Так для побудови 3D моделі та зручної подальшої взаємодії з нею спочатку була взята CAD (computer-aided technologies) модель та зроблена ретопологія [4]. При ретопології моделі використовуються засоби прямого моделювання та базові трансформації об'єктів, а також застосовані модифікатори, наприклад Bevel. У реальному світі майже неможливо зустріти гострі кути. Тому, щоб досягти більш реалістичного вигляду потрібно округляти грані об'єкта. Для цих цілей у Blender існує інструмент Bevel [5]. Він дуже простий у використанні і дозволяє всього в декілька кліків створювати скіс в тих місцях, в яких це необхідно.

Разом з тим, деякі об'єкти створюються за допомогою техніки Subdivision Surface, що дозволяє досягти гладкі та точні форми. Модифікатор Subdivision Surface розділяє грані моделі на менші грані, тим самим вдається надати гладкий вигляд. Це дозволяє створювати складні гладкі поверхні під час моделювання, а також надає об'єкту органічний вигляд. Модифікатор згладжує модель шляхом збільшення на ній кількості полігонів. Модифікатор Laplacian Deform використовується для того, щоб органічно змінити форму моделі, при цьому зберігаючи геометричні деталі та пропорції поверхні.

Створюючи моделі, застосовують фізично коректно налаштовані матеріали для реалістичного рендеру. Для налаштування було обрано такі матеріали, як фарба, пластмаса, метал. Окрім того, були додані текстури у вигляді наклейок з написами, наприклад логотип UGV Chargers. Так само в самій моделі були встановлені матеріали, які створюють світіння з області підсвічування самої станції. У фінальній сцені були розставлені джерела освітлення та камера для створення фінального зображення.

**Результати.** Розглянуті інструменти було застосовано при створенні тривимірної моделі зарядної станції, яка використовується для демонстрації потенційним покупцям, впровадження в рекламні кампанії та сайти, а також для подальшого внесення коригувань у дизайн. Створена модель виглядає ідентично реальній моделі. При демонстрації моделі людина може оглядати станцію з усіх сторін з урахуванням фізичних явищ, що впливають на неї, таких як світло (рис. 1).



Рис. 1 – Відображення зарядної станції а) створена тривимірна модель б) реальна станція

Отже, програмний пакет Blender та його модифікатори є гарним рішенням для створення тривимірної моделі. Основними перевагами використання цієї технології є мультиплатформність, невеликий обсяг програмного продукту, швидкість обробки даних, велика кількість інструментів моделювання, які дозволяють наблизити відображення моделі до реальності, а також невеликий розмір вихідної моделі. Розробка тривимірних моделей станцій для зарядки електромобілів допомагає не тільки змінювати дизайн та формфактор, але і вирішити бізнес-питання рекламної кампанії.

#### Список посилань

1. Fisher, G. Blender 3D Basics / G. Fisher – Packt Publishing, 2012. – 512 p.
2. Flavell, L. Beginning Blender: Open Source 3D Modeling, Animation, and Game Design / L. Flavell – Springer, 2010. – 443 p.
3. Fisher, G. Blender 3D Printing Essentials / G. Fisher – Packt Publishing, 2013. – 543 p.
4. Mullen, T. Mastering Blender / T. Mullen – Sybex, 2012. – 704 p.
5. Thorn, A. How to Cheat in Blender 2.7x / A. Thorn – CRC Press, 2017, 279 p.

УДК

Зубенко С.С., студент,  
Віршило І.В., канд. геол. наук, доцент,  
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ,  
[sergiizubenko17@gmail.com](mailto:sergiizubenko17@gmail.com)

## МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

В контексті рішення певної наукової задачі, інформація щодо особливостей поширення досліджуваного об'єкту дуже часто дає змогу зрозуміти його природу, визначити кореляцію, встановити причинно-наслідковий зв'язок. А в деяких випадках ігнорування даного аспекту робить рішення поставленої задачі неможливим. Таким чином велике значення має розуміння структури просторових даних, можливість зберігання та здатність маніпулювання(обробки). Ефективність і результативність збереження і обробки даних, на пряму залежить від особливостей структури даних: доступності, узгодженості, стійкості. Таким чином, вивчення моделей організації структури геоданих, дослідження їх особливостей, ефективності та доречності їх застосування при вирішенні певної поставленої задачі, є фундаментальною проблемою галузі: аналізу великих масивів даних в науках про Землю, геоінформатики а також галузі геоінформаційних систем, - що і обумовлює доцільність і актуальність дослідження на тему: 'Моделі організації структури та збереження геопросторових даних'.

Предмет дослідження: організація структури та збереження геопросторових даних. Об'єктом дослідження виступають моделі баз геоданих.

Мета дослідження: дослідити моделі організації структури та збереження геопросторових даних, визначити їхні особливості і проблеми функціонування.

В результаті виконання поставленої мети, нами було досліджено проблему організації структури та зберігання геопросторових даних. Геопросторові дані традиційно поділяються на дві взаємопов'язані складові – позиційні та непозиційні. Позиційна складова характеризує положення географічних об'єктів (або просторову форму) у координатах двох-або тривимірного простору - декартових або географічних. Непозиційна(атрибутивна) складова даних включає якісну характеристику просторових об'єктів (семантику) та статистику; ця інформація називається атрибутивною і представляється у вигляді текстових чи числових параметрів [1, 5].

Геодані зберігаються в загальній папці файлової системи або в багатокористувацькій базі даних певного типу. Множина усіх позиційних і не позиційних складових даних масиву об'єктів, що організована за певними правилами, які детермінують принципи представлення, збереження і маніпулювання даними є базою геоданих (БГД), частинним випадком бази даних.

Визначили головні принципи, етапи проектування структури даних. Базовими принципами проектування є: принцип цілісності, інтеграції, зв'язності даних, відсутності надлишковості, централізації керування.

Безпосередньо процес проектування поділяють на три загальні етапи(рівні): концептуальний логічний та фізичний [3].

Проаналізували класифікацію моделей баз даних, визначити їх особливості та проблеми. У більшості джерел за структурними, оперативними, і обмежуючими особливостями при класифікації моделей баз даних виділяють дві основні групи: інфологічні і даталогічні.

Інфологічні моделі (інформаційно-логічна модель) – людиноорієнтована, незалежна від типу СКБД модель ПС, яка визначає сукупності інформаційних об'єктів, їх атрибутів і відношень між ними, динаміку змін ПО, а також характер інформаційних потреб користувачів. Прикладами інфологічних моделей є семантична і ER модель(сутність-зв'язок) [1].



Рис.1 – Принципи проектування структури даних [2]

Даталогічна модель (логічна модель) - відображає логічні зв'язки між елементами даних незалежно від змісту, але із урахуванням середовища зберігання. Даталогічні моделі поділяються на дві групи за рівнем структурованості: фактографічні(структуровані) і документальні(слабоструктуровані) [2]. Серед даної групи дослідили об'єктно-орієнтовані, теоретико-множинні, теоретико-графові, дескрипторні, тезаурусні, документо-орієнтовані моделі, проаналізували особливості їхньої структури та аспекти функціонування. Також було розглянуто відповідні систем керування базами даних.

Дослідили особливості імплементації моделей даних в галузі ГІС. Останнім часом у провідних розробників програмного забезпечення для роботи з геоінформаційними системами значно зріс попит саме на об'єктно-орієнтовані бази геоданих, що не є тривіальним явищем для загальної кон'юнктури користування.

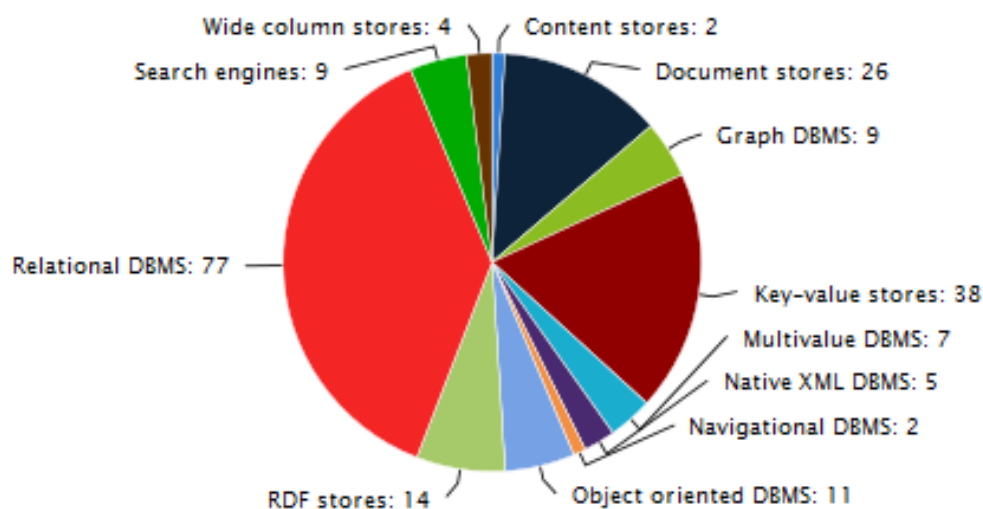


Рис.2 – Загальна кон'юнктура розповсюдженості категорій баз даних 2017 р.

Тенденція спостерігається з початку 1980-их років. Найпершими її стали використовувати у своїй продукції ESRI.

Ймовірною причиною такого зростання попиту є активна розробка складних багатомодульних проєктів, таких як ArcGIS, тоді як серед всіх користувачів домінування зберігає релятивна модель даних.

## Список посилань

1. Гайдоржи В.І. Основи проектування та використання баз даних: Навч. посібник / В.І. Гайдоржи, О.А. Дацюк; Нац. техн. ун-т України "Київський політехн. ін-т". 2-ге вид, випр. і доп. - К.: Політехніка, 2004. – 254с.
2. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія / В.І. Зацерковний, В.Г. Бурачек, О.О. Железняк, А.О. Терещенко. – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с. ISBN 978-617-527-121-69.
3. Костріков С.В. Теоретична і прикладна геоінформатика : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / С.В. Костріков, К.Ю. Сегіда. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 592 с. ISBN 978-966-285-289-9
4. Куваєв Я.Г. К64 Організація реляційних баз даних : навч. посіб. / Я.Г. Куваєв, О.А. Жукова, І.А. Сечкін – 2-ге вид., допов. та переробл. – Дніпро : НГУ, 2017. – 157 с.
5. Пасічник В.В. Організація баз даних та знань Підручник / В.В. Пасічник, В.А. Резніченко — Київ: Вид. група BHV, 2006. — 384 с.

УДК: 621.317.77.

Квашук Д. М., канд. екон. наук, доцент,

Національний авіаційний університет, м. Київ, [dmytro.kvashuk@npp.nau.edu.ua](mailto:dmytro.kvashuk@npp.nau.edu.ua)

### ЗАСТОСУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ В ПРИЛАДАХ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ОБЕРТАЛЬНИХ МОМЕНТІВ

Пристрій для вимірювання обертального моменту може бути побудований на базі диференціального трансформатору для вимірювання лінійних переміщень (LVDT), що є електромеханічним перетворювачем, який визначає механічне переміщення сердечника та видає пропорційну змінну напругу на виході. Висока роздільна здатність, висока лінійність, висока чутливість та нульове механічне тертя, можуть бути використаними для покращення метрологічних характеристики вимірювального каналу.

Для реалізації даного способу було застосовано електричну схему, побудовану на основі операційних підсилювачів на інвертуючих каскадах, що дозволяє зменшити вплив обмеження синфазних сигналів із зростанням частоти (рис. 1).

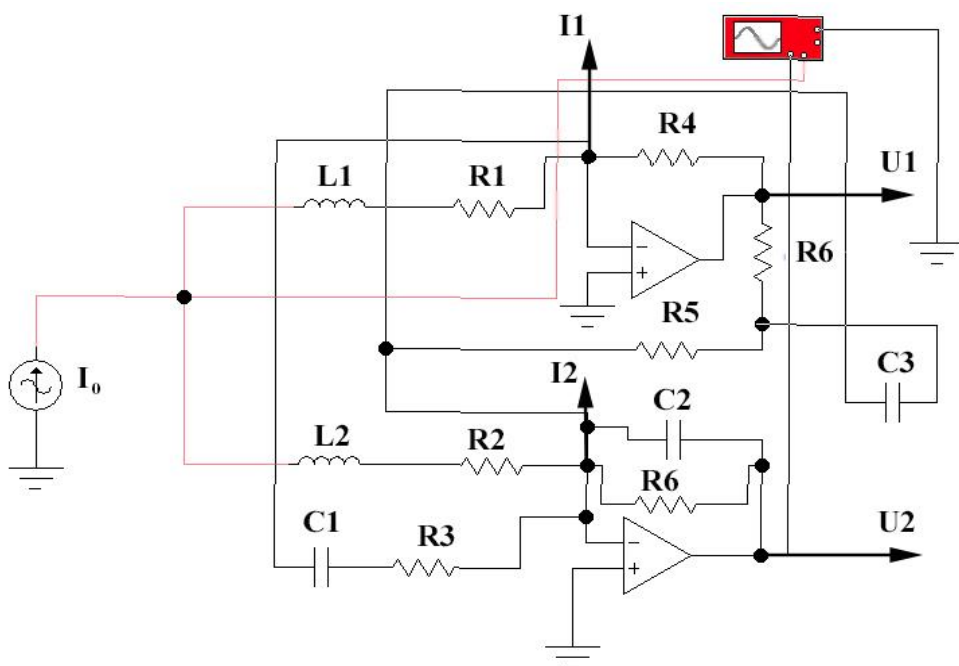


Рис. 1 – Електрична схема вимірювального каналу приладу індукційного типу на операційних підсилювачах для вимірювання обертального моменту

Зміна струму в залежності від переміщення феромагнітного елементу навколо котушок індуктивності  $L_1$ ,  $L_2$ , може бути описана наступними співвідношеннями:

$$I_1 = I_0 \cdot \frac{R_2 + k\omega L_2}{R_1 + R_2 + k\omega(L_1 + L_2)}, \quad (1)$$

$$I_2 = I_0 \cdot \frac{R_1 + k\omega L_1}{R_1 + R_2 + k\omega(L_1 + L_2)}, \quad (2)$$

де:  $I_0$  – струм, первинної обмотки LVDT – трансформатора;

$L_1 = L_0 + \Delta L$ ,  $L_2 = L_0 - \Delta L$ , – індуктивність;

$R_1$ ,  $R_2$  – опори;

$\omega$  – частота вхідного сигналу.

Вихідні параметри напруги  $U_1$ ,  $U_2$  з урахуванням (1), (2), можна описати наступними виразами:

$$U_1 = (R_1 + R_4) \cdot I_0 \left[ \frac{R_1 + k\omega L_1}{R_1 + R_2 + k\omega 2L_0} \right] - \left[ \frac{R_2 + k\omega L_2}{R_1 + R_2 + k\omega 2L_0} \right] = (R_1 + R_4) \cdot I_0 \left[ \frac{k\omega L_2}{R_1 + R_2 + k\omega 2L_0} \right]; \quad (3)$$

$$U_2 = I_1 \cdot (R_1 + R_4) = I_0 \cdot (R_1 + R_4) \frac{R_2 + k\omega L_2}{R_1 + R_2 + k\omega 2L_0}. \quad (4)$$

Характеристики зміни напруги в залежності від зміни індуктивності, спричиненої переміщенням феромагнітного елементу можна описати наступним виразом:

$$\Delta U = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_0 \cdot (R_1 + R_4) \frac{R_2 + k\omega L_2}{R_1 + R_2 + k\omega 2L_0}}{(R_1 + R_4) \cdot I_0 \left[ \frac{R_1 + k\omega L_1}{R_1 + R_2 + k\omega 2L_0} \right]}. \quad (5)$$

Такий підхід дозволить збільшити чутливість вимірювального каналу за рахунок оптимального підбору опорів  $R_1$ - $R_6$ . Крім того, індуктивний сенсор є стійким до електромагнітних завад.

#### Список посилань

1. Фолкенберри Л. «Применение операционных усилителей и линейных интегральных схем» / Л. Фолкенберри, 1982 г.
2. Марше Ж. Операционные усилители и их применение: пер. с фр. / Ж. Марше – Л.: Энергия, 1974. – С. 190-211.
3. Раянов Т.А. Обзор новых типов датчиков крутящего момента / Т.А. Раянов // Транспортные системы и технологии. – 2020. – № 1. – С. 5-14.

УДК 004.932.2

Смілянець Ф.А., магістр,  
Фіногенов О.Д., канд. техн. наук, доцент,  
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського»,  
[fedor.smile@gmail.com](mailto:fedor.smile@gmail.com)

## ОГЛЯД МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАХВОРЮВАНЬ НА ОСНОВІ ЗНІМКІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ

Розповсюдження в 2019-2022 роках пандемії нового коронавірусу COVID-19 призвело до різкого зростання навантаження на лікарів та медичні установи. На початок травня 2022 року більше 520 мільйонів випадків хвороби було зареєстровано, та більше 6 мільйонів мали летальний наслідок.

Знімки КТ є одним з основних методів діагностики захворювань легень, оскільки дає тривимірне та детальне зображення, процес зняття якого може бути підлаштований для процесу діагностики конкретного захворювання, а також дає легку можливість для побудови довільних зрізів простору, відзнятого знімком КТ.

За останні 5 років (2017-2021) в системі GoogleScholar варто приділити увагу 33 роботам, що присвячені методам ідентифікації на основі знімків КТ та містять інформацію про методи досліджень, кількісні параметри набору вхідних даних та оцінки точності досягнутих результатів ідентифікації.

Публікації до появи COVID-19 в основному присвячені ідентифікації доброякісних та злоякісних легеневих вузлів, визначенню раку легень та ступеней пневмотораксу. Увага в майже всіх публікаціях з 2020 року приділена COVID-19 (19 робіт, що стосуються визначення COVID-19, в тому числі серед інших легеневих хвороб, 1 присвячена діагностуванню раку легень та 1 визначенню туберкульозу легень).

З вказаних в статтях методах ідентифікації практично всі (за виключенням декількох, де метод не вказаний взагалі) базуються на згорткових нейронних мережах з різною архітектурою.

Найбільш часто досліджуваними архітектурами є:

1) DenseNet – архітектура нейронних мереж згорткового типу, особлива використанням DenseBlock, які прямо поєднують усі згорткові шари мережі відповідних розмірів між собою, що сприяє перевикористанню вивчених особливостей між багатьма шарами мережі, та призводить до загального зменшення нейронної мережі при збереженні ефективності [1];

2) ResNet (Residual Network) – архітектура згорткових нейронних мереж, у якій використовуються зв'язки, що перестрибують через один або декілька шарів, і таким чином забезпечують шлях інформації вглиб мережі, з ціллю уникнення проявів феномену деградації та інших феноменів спотворення інформації при поглибленні мережі [2];

3) VGG – архітектура згорткових нейронних мереж, у якій використовується поступове звуження до дуже маленьких (3x3) згорткових фільтрів для поглиблення мережі при зменшенні кількості параметрів системи та покращує розрізняючу здатність мережі [3];

4) Xception – архітектура згорткових мереж, що базується на використанні глибинно-розділеного згортання, яке, на відміну від типової згорткової операції, розділює обчислення на дві стадії – застосування глибинного згортання на кожний вхідний канал та точкове згортання для створення лінійного сполучення виходу глибинного згортання [4];

5) EfficientNet – архітектура згорткових мереж та метод їх масштабування, який рівномірно масштабує глибину, ширину та роздільну здатність мережі за допомогою складеного коефіцієнта. У такій архітектурі, на відміну від звичайних, ці параметри масштабуються не довільним шляхом, а набором конкретизованих коефіцієнтів [5].

Для згорткових нейронних мереж одним з визначальних параметрів є розмір набору вхідних даних для навчання (датасет). Взагалі, при аналізі, виникає проблема порівняння результатів досліджень, що полягає в різних вимогах до вхідних даних методів та різних способів оцінки ідентифікації.

Так тривимірні згорткові нейронні мережі працюють з усім набором зображень КТ одного пацієнта, а двовимірні нейронні мережі, в залежності від архітектури та методики навчання розглядають окремі зрізи КТ з найбільш яскраво вираженою зоною ураження (за наявності) або з усіма зрізами.

Різні роботи часто використовують не співставні метрики точності описаних нейронних мереж, порівняльний аналіз з точки зору точності є ускладненим. Наведемо результати, досягнуті у роботах, де серед інших метрик було вказано точність (ACC). У випадку коли в публікації досліджувалось декілька архітектур – в (табл. 1) наведено результати для кожної з них.

Таблиця 1 – Точності, досягнуті популярними архітектурами нейронних мереж

| Метод               | DenseNet | ResNet                                            | VGG              | Xception | EfficientNet     |
|---------------------|----------|---------------------------------------------------|------------------|----------|------------------|
| Досягнуті точності* | 88%, 83% | 93%, 97%<br>92.2%, 86%,<br>87%, 99% (в ансамблі), | 87%, 98%,<br>76% | 97%, 90% | 89%, 77%,<br>79% |

\*Дослідження використовували датасети, суттєво відмінні за своїм розміром – від декількох десятків до декількох тисяч знімків.

Також, особливу увагу варто приділити дослідженню [6], що присвячено ручному оціночному методу передбачення п'ятиденного прогресу хвороби у пацієнта на основі знімку КТ.

**Висновок.** З запропонованих підходів, 8 використовували виключно або в тому числі нейронні мережі архітектури ResNet, з середнім AUC в 95% та середньою точністю в 93%, що виділяє цю архітектуру як варту особливої уваги. Також, вартим уваги є дослідження передбачення прогресу хвороби за допомогою комп'ютерних методів аналізу знімків КТ.

#### Список посилань

1. Gao Huang, Zhuang Liu, Laurens van der Maaten, Kilian Q. Weinberger, “Densely Connected Convolutional Networks”, doi:10.48550/arXiv.1608.06993.
2. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun, “Deep Residual Learning for Image Recognition”, doi:10.48550/arXiv.1512.03385.
3. Karen Simonyan, Andrew Zisserman, “Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition” doi:10.48550/arXiv.1409.1556.
4. Yunhui Guo, Yandong Li, Rogerio Feris, Liqiang Wang, Tajana Rosing, “Depthwise Convolution is All You Need for Learning Multiple Visual Domains” doi:10.48550/arXiv.1902.00927.
5. Mingxing Tan, Quoc V. Le, “EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks”, doi:10.48550/arXiv.1905.11946.
6. Mahdjoub, E., Mohammad, W., Lefevre, T. et al. “Admission chest CT score predicts 5-day outcome in patients with COVID-19”. Intensive Care Med 46, 1648–1650 (2020). doi:10.1007/s00134-020-06118-y.

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,

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, [dzhala.rm@gmail.com](mailto:dzhala.rm@gmail.com)

## ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНИХ ОБСТЕЖЕНЬ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Обстеження стану протикорозійного захисту (ізоляції й катодної поляризації) підземних трубопроводів (ПТ) на даний час проводять, в основному, контактними електрометричними методами [1]. Безконтактні ж електромагнітні методи достатньо широко використовують лише для визначення розміщення і глибини залягання ПТ.

Основними недоліками контактних методів обстежень ПТ є трудомісткість і недостатня інформативність [1-2]. Названі недоліки усуваються з використанням методу безконтактних вимірювань струмів (БВС) [2, 3]. Метод БВС можна застосовувати як самостійно для інтегральних і диференціальних обстежень, так і у комплексі з традиційною контактною електрометрією для локальних обстежень [2-4]. У даній праці описано технологію та результати обстежень ПТ.

На базі проведених у ФМІ НАН України теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано ряд нових способів і пристроїв та розроблено низку приладів для безконтактних обстежень ПТ [2, 4]. Зокрема, створено комплект апаратури типу БІТ-КВП з пам'яттю та портативні прилади типу ОРТ+В, налагоджено їх виготовлення на замовлення підприємств, які експлуатують і обстежують ПТ. Запропоновано новий метод визначення поляризаційного і омичного потенціалів за контактними вимірами постійних і змінних напруг [3], який реалізовано в апаратурі ВПП. Розроблено нову апаратуру типу БВС-2 з покращеними експлуатаційними характеристиками для пошуку траси, визначення географічних координат місця і глибини залягання ПТ, вимірювань струму і його заникання із автоматичним записом вимірів [4]. Використання БВС дають змогу суттєво підвищувати оперативність та інформативність обстежень ПТ.

На основі БВС розроблено методики визначення розподілу струму установок катодного захисту між гілками та ділянками ПТ, оперативного виявлення місць незадовільної ізоляції та найбільш імовірних місць корозії ПТ, визначення розподілу перехідного опору ПТ та його компонент (опорів ізоляції, ґрунту, поляризації).

Використання створених приладів на трасах ПТ показали їх добру захищеність від електромагнетних завад, у тому числі від впливу ліній електропередач, що дозволяє проводити обстеження не тільки магістральних трубопроводів а і ПТ у населених пунктах, іноді навіть на території підприємств та вулиць з діючим електротранспортом.

### Список посилань

1. Джала Р.М. Основи обстеження і контролю корозійного стану підземних трубопроводів. Механіка руйнування та міцність матеріалів: Довідн. посібник / Під заг. ред. В.В. Панасюка. Том 11. Міцність і довговічність нафтогазових трубопроводів і резервуарів. / Г.М. Никифорчин, С.Г. Поляков, В.А. Черватюк, І.В. Ориняк і ін. – Львів: «Сполом». – 2009. – Розділ 6. – С. 143-184.
2. Джала Р.М. Технологія обстежень підземних трубопроводів з використанням безконтактних вимірювань струмів / Р.М. Джала, С.Ф. Савула, Б.Я. Вербенець, О.Й. Винник, В.Р. Джала, М.І. Мельник, Т.І. Шевчук // Методи та прилади контролю якості, – 2009. – № 22 – С. 22-27.
3. Джала Р.М. Електрофізичні методи неруйнівного контролю дефектності елементів конструкцій / Р.М. Джала, В.Р. Джала, І.Б. Івасів, В.Г. Рибачук, В.М. Учанін // Довід. посібн. «Технічна діагностика матеріалів і конструкцій» за заг. ред. З.Т. Назарчука. – Том IV. – Львів: Простір-М, 2018, – 356 с.
4. Джала Р.М. Електромагнетний контроль ізоляції підземних трубопроводів / Р.М. Джала, Л.П. Дикмарова, В.Р. Джала, Б.Я. Вербенець – Київ: Наукова думка, 2021. – 260 с.

УДК 531.7:62-2:629.7 (043.3)

Катаєва М.О., канд. техн. наук,  
Національний авіаційний університет, м. Київ, [kataeva.mariia@gmail.com](mailto:kataeva.mariia@gmail.com),  
Ігнатенко П. Л., канд. техн. наук, доцент,  
Національний університет «Чернігівська політехніка»

## РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЬЄФУ НАНООБ'ЄКТІВ

Підвищення ефективності виробництва і якості виробів, розвиток електронної техніки і біомедичних приладів, а також створення нових наноструктурованих матеріалів з особливими властивостями в значній мірі визначаються точністю та прецизійністю метрологічного забезпечення. Особливої уваги заслуговує проблема вимірювання параметрів рельєфу нанооб'єктів, оскільки, спираючись на попередні дослідження вітчизняних та закордонних вчених [1-3] в цій галузі, можна стверджувати, що досі не існує універсальної методики, яка б враховувала всі зовнішні дестабілізуючі фактори та специфічні властивості наноматеріалів. Оскільки властивості певних наноматеріалів відмінні від звичайних, вплив дестабілізуючих факторів на результати вимірювання може бути абсолютно непередбачуваним.

Необхідною умовою [4-6] для вибору умов вимірювання, проведення таких оцінок і подальшої інтерпретації даних є відтворюваність отриманих результатів і незмінність зразка за комплексом властивостей.

Визначено основні напрямки створення і використання методів вимірювання мікро- і наносистем:

- створення модельних уявлень зв'язків топологічних характеристик і реакції об'єкта на зовнішні впливи;
- встановлення зв'язків між властивостями елемента або системи і топологією складу, структури, зарядів і полів;
- встановлення зв'язків між технологічними факторами, кінетикою утворення і властивостями наноструктур;
- створення моделей, що пов'язують функціональні параметри пристроїв з властивостями структур, які визначаються при їх виготовленні.

Для спрощення процесу вибору методів нановимірювань розроблено методику виявлення відхилень внаслідок впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів

$$\omega(t) = \omega_1 e^{\gamma t^a} + \omega_0, \quad (1)$$

де  $\omega_1$  – параметр виявлення відхилень нановимірювань в першому підінтервалі часу вимірювання;

$\gamma$  – коефіцієнт, який залежить від кількості вимірювальних операцій;

$a$  – коефіцієнт, який залежить від жорсткості впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів;

$t$  – час проведення вимірювань;  $\omega_0$  – усталене значення параметру інтенсивності виявлення відхилень.

Параметри  $\gamma$  і  $a$  кривої, що описується формулою (1) визначається подвійним логарифмуванням функції  $\omega(t)$  для двох підінтервалів часу (на перших етапах проведення вимірювання значенням  $\omega_0$  можна знехтувати):

$$\ln \ln \frac{\omega(t_2)}{\omega_1} = -\ln \gamma - a \ln t_2, \quad (2)$$

$$\ln \ln \frac{\omega(t_3)}{\omega_1} = -\ln \gamma - a \ln t_3. \quad (3)$$

Із рівнянь (2) і (3) отримуємо

$$\alpha = \frac{\left( \ln \ln \frac{\omega(t_2)}{\omega_1} - \ln \ln \frac{\omega(t_3)}{\omega_1} \right)}{(\ln t_3 - \ln t_2)}, \quad \ln \gamma = \frac{\left( \ln \ln \frac{\omega(t_2)}{\omega_1} - \ln \ln \frac{\omega(t_3)}{\omega_1} \right)}{\left[ (\ln t_3 - \ln t_2) + \ln \ln \frac{\omega(t_2)}{\omega_1} \right]}.$$

Параметр потоку  $\omega(t)$  можна представити у наступному вигляді:

$$\omega(t) = \sum_{i=1}^k a_t \omega_{1,i} e^{-\gamma_i t^{a_i}} + \omega_0, \quad (4)$$

де  $k$  – кількість груп метрологічних параметрів, де спостерігаються певні відхилення;

$a_t$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -ї групи параметрів.

Представленою залежністю можна описати прояв усіх видів відхилень нановимірювань. Отримані вирази є універсальними для опису потоку виявлених відхилень нанооб'єктів різної конфігурації. Відмінні умови проведення вимірювання визначатимуться тільки за рахунок значень коефіцієнтів  $\gamma$  і  $a$ .

Стандартне відхилення випадкової величини при визначенні топології поверхні нанооб'єкту можна розрахувати на основі першого центрального моменту:

$$\omega_1 = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{ij} (Z_{ij} - \bar{Z})^2}, \quad (5)$$

де  $Z_{ij}$  значення висоти рельєфу в точці з координатами  $i$  та  $j$ ,  $\bar{Z}$  – середнє значення висоти рельєфу по кадру СЗМ.

За допомогою другого центрального моменту розраховується двовимірне середньоквадратичне відхилення висот рельєфу, а саме:

$$\omega_2 = \left[ \left( \frac{1}{N} \right)^2 \sum_{ij} (Z_{ij} - \bar{Z})^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (6)$$

Представлені розрахунки дають змогу враховувати впливи зовнішніх дестабілізуючих факторів на нанооб'єкт та гарантувати можливість корекції спричинених ними відхилень.

#### Список посилань

1. Бромберг Э.М. Тестовые методики повышения точности измерений / Э.М. Бромберг, К.Л. Куликовский – М.: Энергия, 2008. – 242 с.
2. Кононогов, С.А. Исследование измерительных и калибровочных возможностей средств измерений нанометрового диапазона / Кононогов, С.А. // Законодательная и прикладная метрология. – 2008. – № 3. – С. 19 – 25.
3. Тодуа П.А. Метрология и стандартизация в нанотехнологиях и наноиндустрии / П.А. Тодуа // Измерительная техника. – 2008. – № 5. – С. 5 – 7.
4. The Scanning Probe Image Processor (SPIP) [Електронний ресурс]. Режим доступу: [www.imagemet.com](http://www.imagemet.com)
5. J. Garnaes L. Twodimensional nanometer scale calibration based on one-dimensional gratings. Appl. Phys. A 66, 1998, P 831–835
6. R. A. Said, “Microfabrication by localized electrochemical deposition: experimental investigation and theoretical modeling,” Nanotechnology, vol. 15, pp. 867, 2004.

УДК 004.051

Криворучко О.В., докт. техн. наук, професор,  
Вікторів В.В, аспірант,

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [viktorovvlad21@gmail.com](mailto:viktorovvlad21@gmail.com)

## УПРАВЛІННЯ РОЗГОРТАННЯМ ТА ВИПУСКОМ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ

Управління розгортанням та випуском інформаційно-аналітичних систем відноситься до процесу планування, проектування, планування, тестування, розгортання та контролю випусків програмного забезпечення. Це гарантує, що групи випуску ефективно доставляють програми та оновлення, необхідні для бізнесу, зберігаючи при цьому цілісність існуючого виробничого середовища.

У конкурентному, динамічному та динамічному світі бізнесу та ІТ напівготові випуски – це останнє, що вам потрібно. Сучасне підприємство – це справді динамічне середовище, і не всі ці зміни відбуваються з однаковою швидкістю.

ІТ-організаціям потрібен спосіб організувати ці численні зміни. Ось тут і вступає в дію контроль випуску та автоматизація розгортання. Вони допомагають полегшити перехід до безперервної доставки; і працювати над цифровою трансформацією по одному випуску за раз. [1]

Конкретні етапи керування розгортанням та випуском будуть відрізнятися залежно від унікальної динаміки кожної організації чи програми. Проте найпоширенішою є наступна послідовність:

### – Запит

Управління розгортанням та випуском починається із запитів на нові функції або зміни наявних функцій. Немає гарантії, що всі зроблені запити в кінцевому підсумку перетворяться на новий випуск. Кожен запит оцінюється на предмет його обґрунтованості, доцільності та того, чи є спосіб виконати його, перелаштувавши версію програми, яка вже працює.

### – План

Це найважливіший крок в еволюції релізу. Саме тут визначається структура випуску. Надійний план гарантує, що команда випуску залишатиметься в курсі, а вимоги будуть задоволені. Створіть або повторно використовуйте робочий процес або контрольний список, на які зацікавлені сторони можуть посилатися протягом процесу випуску. У робочому процесі має бути детально описано не лише обсяг та віхи, а й обов'язки.

### – Проектувати та будувати

Це етап програмування, на якому вимоги перетворюються на код. Випуск розроблено та вбудовано у виконуваче програмне забезпечення.

### – Тестування

Після того, як випуск вважається готовим до тестування, його розгортають у тестовому середовищі, де він піддається нефункціональному та функціональному тестуванню (включаючи тестування приймання користувачами або UAT). Якщо виявлено помилки, він повертається розробникам для налаштування, а потім знову піддається тестуванню. Цей ітеративний процес триває до тих пір, поки випуск не буде дозволено для розгортання у виробництві як командою розробників, так і власником продукту.

### – Розгортання

Реліз реалізовано в реальному середовищі та доступний для користувачів. Розгортання – це більше, ніж просто встановлення випуску. Це тягне за собою навчання користувачів щодо змін та навчання їх тому, як працювати з системою в контексті нових функцій.

### – Після розгортання

Після розгортання, випуск переходить до фази підтримки, де записуються будь-які помилки, які в кінцевому підсумку вимагають запиту на зміни. Таким чином, цикл починається знову.

Щоб розгортання нової версії продукту вважалося успішним, воно повинно досягати таких цілей:

- Вона розгорнута вчасно.
- Розгорнута в межах бюджету.
- Це практично не впливає на поточних користувачів.
- Вона задовольняє потреби поточних і нових користувачів, технологічні досягнення та/або конкурентні вимоги.

Ефективне керування розгортанням та випуском інформаційно-аналітичних збільшує кількість успішних випусків продукту та зменшує проблеми з якістю. Продуктивність, комунікація та координація покращуються, і організація може поставляти програмне забезпечення швидше, зменшуючи ризики.[2]

Ці вдосконалення означають, що команда може неодноразово створювати якісне програмне забезпечення з коротшим часом виходу на ринок, що дозволяє компанії краще реагувати на операційне середовище.

Управління розгортанням та випуском інформаційно-аналітичних систем також допомагає стандартизувати та впорядкувати процес розробки та операцій. Команда впроваджує контрольні засоби контролю випуску, створюючи таким чином репозиторій для всіх випусків протягом життєвого циклу. Наявність єдиного добре документованого процесу, якого необхідно дотримуватися для всіх випусків, підвищує організаційну зрілість.

Посилена стандартизація та зосередженість на продуктах дозволяють командам витягати більше корисних уроків із досвіду та застосовувати їх у майбутніх випусках. Операційні відділи цінують посилення координації з розробниками, оскільки менше сюрпризів. Тепер вони можуть уникнути відчуття, що звільнення було просто «перекинуто через стіну» від розробки, залишаючи операції з боротьби з пожежами та «латання та молитви» через короткі терміни. Також є більше можливостей вирішити проблеми конфігурації між середовищем розробки та операційним середовищем.

Управління розгортанням та випуском допомагає компанії насамперед вести безперервну розробку програмного забезпечення з малим часом на розгортання та запуск нових версій продукту та швидко адаптуватися до потреб насамперед ринку та користувачів з малим впливом на бізнесову частину компанії що стає процесом який несе великий вплив на роботу компанії зменшуючи потенційний ризик втрати бізнесом та компанією в цілому грошей через невдале планування та випуску непотрібного функціоналу в поточному продукті або саме нового непотрібного продукту на ринку в даний момент часу.

### Список посилань

1. Everything You Need to Know to Master Release Management 2018 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.smartsheet.com/release-management-process>
2. What is Release Management 2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.microfocus.com/en-us/what-is/release-management>
3. Site Reliability Engineering: How Google Runs Production Systems 2019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sre.google/sre-book/release-engineering/>

УДК 004.738.5

Криворучко О.В., докт. техн. наук, професор,  
Десятко А.М., докт. Філософії,  
Захаров Р.Г., аспірант,

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [desyatko@gmail.com](mailto:desyatko@gmail.com),

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ІТ-ФАХІВЦІВ

Інформаційні технології нині є основним засобом обробки інформації, а також організації і підтримки комунікацій у суспільстві. Попит на кваліфікованих фахівців ІТ-галузі з кожним роком зростає. Дослідження проблеми формування професійних компетентностей під час підготовки фахівців у закладах вищої освіти для ІТ-галузі інформаційних технологій наразі відзначається підвищенням інтенсивності і розширенням тематики. Це виклик сучасності: глобальні світові тенденції, які по'язані перерозподілом зайнятості населення, зміною структури суспільного виробництва, а також зміною освітніх пріоритетів молоді.

Аналіз ринку праці щодо фахівців ІТ-галузі формує відповідні підходи у розробці освітніх програм в ЗВО на всіх ступенях навчання. 12 галузь «Інформаційні технології» має доволі широкий спектр спеціальностей: 121 «Інженерія програмного забезпечення», 122 «Комп'ютерні науки», 123 «Комп'ютерна інженерія», 124 «Системний аналіз», 125 «Кібербезпека», 126 «Інформаційні системи та технології». Відповідно, моделювання взаємодії процесів підготовки ІТ-фахівців в ЗВО, вимог ринку праці та професійних стандартів дасть можливість країні мати фахівців ІТ-галузі світового рівня.

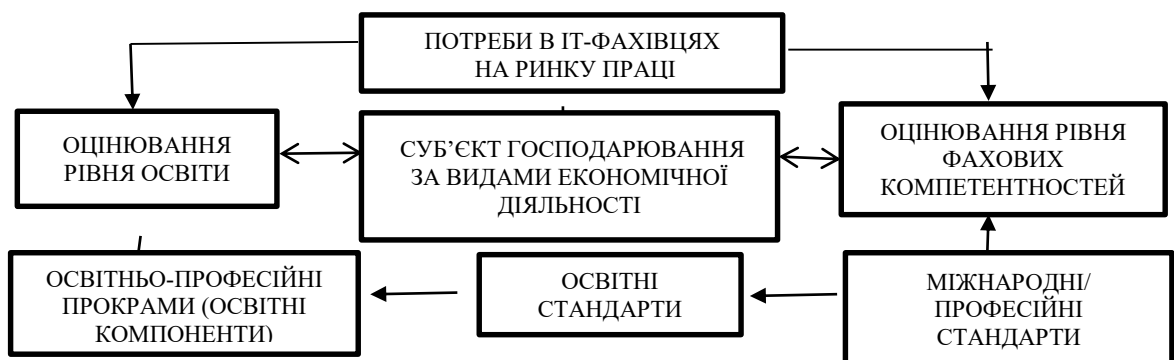


Рис.1 – Моделювання процесу формування компетентностей ІТ-фахівців.

Існує необхідність забезпечення відповідності компетентностей майбутніх ІТ-фахівців, які навчаються в ЗВО, вимогам світового ринку праці. Дослідження слід спрямувати на поглиблений аналіз змісту підготовки навчання у вишах з метою виявлення напрямів його оптимізації, забезпечення гнучкості освітніх програм, а також розвитку засад формування у здобувачів освіти компетентностей, необхідних для успішної побудови професійної кар'єри.

### Список посилань

1. R. Pucher, G. Holweg, T. Mandl, and B. Salzbrunn, "Optimizing higher education for the professional student. The example of Computer Science education at the University of Applied Sciences Technikum Wien", Digital Universities Int. Best Practices and Applicat., vol. 2, no. 2-3, pp. 39-50, 2016.
2. Ковалюк Т.В. Узгодження вимог професійних та освітніх ІТ-стандартів до компетентностей випускників ІТ-спеціальностей ВНЗ, Інформаційні системи та мережі / Т.В. Ковалюк // Вісник. – 2017. – [Випуск 872, Номер 1](#): – СС. 229 – 240.

УДК 615:616:681.47.004.58 (075.8)

Кучеренко В.Л., канд. тех. наук, доцент,  
Національний авіаційний університет, м. Київ, [kvl2012@bigmir.net](mailto:kvl2012@bigmir.net),  
Хірс І.І., спеціаліст,  
АТ «Укртелеком», м. Київ, [i-irenushka@bigmir.net](mailto:i-irenushka@bigmir.net)

## ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ ЯК ФАКТОР ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕДИЧНОЇ ТЕХНІКИ

Ефективність надання медичної допомоги базується як на впровадженні нових медичних технологій, так і на оснащенні лікувальних закладів сучасною медичною технікою (МТ). Тому особливо актуальними стають питання забезпечення відповідності медичних виробів безпеці та ефективності з метою забезпечення здоров'я та захисту пацієнтів і лікарів.

Оскільки на МТ покладено дуже відповідальні функції, зростає роль передбачення її технічного стану в деякий майбутній відрізок часу, з тим щоб можна було своєчасно вжити заходів щодо запобігання відмов [1]. Точка відмови для контрольованого параметра – це значення параметра, при досягненні якого блоки МТ виходять зі строю. Цю точку визначають на основі досвіду попередніх спостережень відмов. Рівень зупинення роботи для того ж параметру, при досягненні якого експлуатацію МТ зупиняють, зазвичай лежить нижче точки відмови. Це значення визначають на основі стандартів, вказівок виробника та досвіду експлуатації однотипної МТ. Але, оскільки даний рівень знаходиться нижче точки відмови, то його досягнення ще не свідчить про настання повної відмови МТ, що дає можливість уникнути руйнівних пошкоджень. Рівні попередження встановлюють нижче рівня зупинення роботи блоків МТ, виходячи із резерву часу, протягом якого з'явиться можливість провести технічне обслуговування.

Для прогнозування майбутніх відмов насамперед необхідно визначити критерії їх настання через фактори впливу, маючи на увазі, що один і той же параметр може виступати в якості фактору впливу для відмови, що настає, та використовуватись в якості ознаки зародження несправності, яка призводить до майбутньої відмови. При цьому основна причина відмови може бути визначена через набір параметрів критерію, значення яких прямо чи опосередковано вказують на ступінь розвитку несправності.

Зародження несправності необхідно завжди відслідковувати назад в часі в пошуках основної причини відмови. Ця основна причина може бути описана через набір умов та подій. При цьому з умовами зазвичай пов'язують зміни контрольованих параметрів з деякою швидкістю, а з подіями – стрибкоподібні зміни параметру. При досягненні чи перевищенні значень контрольованих параметрів, встановлених в якості критерію зародження несправності, ініціюється сигнал попередження про початок розвитку несправності даного виду.

Таким чином, прогнозування відмови базується на встановленні критеріїв зародження несправності та використанні методів побудови трендів контрольованих параметрів. Точність прогнозу значною мірою буде залежати від того, які є ці тренди – екстраполяційними чи проектними [2].

### Список посилань

1. Кучеренко В.Л., Хірс І.І. Проблеми прогнозування та управління технічним станом біомедичної апаратури. // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2020): Х міжнар. конф., 29-30 квітня 2020 р. : тези доп. – Чернігів, 2020. – С. 187.
2. ISO 13381-1:2015 Condition monitoring and diagnostics of machines – Prognostics – Part 1: General guidelines, IDT.

УДК 657.623

Палагута К.О., канд. екон. наук, доцент

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, [palagutaea@knu.edu.ua](mailto:palagutaea@knu.edu.ua)

## **ВИКОРИСТАННЯ XML-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗВІТНОСТІ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ УКРАЇНИ**

Формування прозорості, публічно відкритої звітності за міжнародними стандартами вкрай можлива в контексті євроінтеграційних процесів перебудови економіки України. На теперішній час мова XML є стандартом, з використанням якого готується фінансова звітність суб'єктів господарювання. За допомогою програми «Податкова звітність» можна підготувати документи фінансової звітності у форматі XML і передати їх по каналах електронної пошти. У більшості програм автоматизації бухгалтерського обліку реалізовано функцію формування файлів фінансової звітності у форматі XML для передачі у податкову адміністрацію.

Наказом N 729 від 29.11.2013 р. «Про затвердження формату (стандарту) електронного документа звітності платників податків» [1] Державна податкова служба України затвердила стандарт електронного документа звітності платників податків на основі специфікації eXtensible Markup Language (XML), визначила, що контроль електронних документів в XML-форматі здійснюється із застосуванням схем контролю XML-документів (XML-Schema), у додатках до цього наказу опублікувала структуру електронного документа податкової звітності платників податків на основі специфікації XML та надала доступ розробникам програмного забезпечення до структури XML-документа, відповідних схем контролю XML-документів.

Однак, на теперішній час більш сучасним засобом подання фінансової звітності є мова XBRL. Розробка мови XBRL (Extensible Business Report Language – розширювана мова фінансових звітів) почалась у 1998 році з ініціативи і під керуванням AICPA (American Institute of Certified Public Accountants – Американського інституту сертифікованих бухгалтерів). XBRL є перекладенням існуючих стандартів фінансової і бухгалтерської діяльності на XML, що забезпечує їй значні переваги перед іншими способами подання і передачі ділової інформації.

На теперішній час подальшою розробкою мови XBRL керує міжнародний консорціум XBRL International. На офіційному сайті цієї організації [2] можна знайти технічні специфікації XBRL, реєстр таксономій для фінансових звітів, інструкції по використанню мови XBRL.

Мова XBRL дозволяє багаторазово використовувати фінансову інформацію в різних ситуаціях – для публікації звітів, вибірки даних для різних додатків, заповнення різних форм звітності тощо. Завдяки своїм властивостям XBRL дозволяє здійснювати автоматичний обмін фінансовою інформацією між різним програмним забезпеченням, яке взаємодіє за допомогою різних інформаційних мереж, включаючи Інтернет. Вона усуває необхідність повторного введення фінансової інформації, тим самим знижуючи ризик помилкового введення даних та усуваючи необхідність ручного введення для отримання звітів у різних форматах (документи, підготовлені текстовими редакторами, HTML – документи для публікації звітів у Інтернет, документи у спеціалізованих форматах звітності). У результаті знижуються витрати на підготовку і передачу фінансових документів, спрощується доступ до інформації інвесторам і аналітикам.

Використання XBRL як єдиного формату публікації фінансової інформації в мережі Інтернет дозволяє швидко знаходити необхідні фрагменти даних, у тому числі за допомогою інтелектуальних агентів.

Основна відмінність XBRL від XML полягає у застосуванні так званих таксономій. Таксономії – це таблиці тегів, які повинні бути однозначно зрозумілими для всіх користувачів і програм. Таксономії вирішують такі задачі:

- можливість перекладу з національної мови на англійську, що лежить в основі стандарту;
- можливість адаптації;
- можливість трансформації звітності.

На теперішній час розроблені таксономії для торговельних і промислових підприємств для США, країн Євросоюзу, деяких країн Азії, які використовують звітність відповідно до стандартів US GAAP і IFRS.

На національному рівні існуючі таксономії дозволяють компаніям, розташованим на території США і країн Євросоюзу, подавати звітність регуляторам у форматі XBRL у відповідності до встановлених вимог. З 2006 року державна комісія з цінних паперів та фондового ринку США вимагає від компаній, що беруть участь у торгах на американських біржах, подання фінансової звітності у форматі XBRL.

Використання мови XBRL для публікації фінансових звітів у мережі Інтернет стало у США і країнах Євросоюзу загальноприйнятою практикою з 2009 року. Так, наприклад, такі компанії, як Microsoft, McDonalds, IBM, публікують свої звіти у Інтернет. Це дає можливість акціонерам, інвесторам, дослідникам отримати потрібну інформацію.

Одним в перспективних напрямків розвитку мови XBRL вважається її інтеграція у інформаційні системи обліку, що надає переваги у уніфікації організації даних та методів роботи з інформацією.

Основні проблеми у просуванні мови XBRL полягають у створенні необхідних таксономій, які могли б бути сумісними з міжнародними і регіональними стандартами фінансового звітування.

В Україні у квітні 2021 року було схвалено електронний формат Таксономії UA XBRL МСФЗ 2020 року (v.1.2) для використання суб'єктами звітування при складанні фінансової звітності в електронному форматі за 2020 рік та проміжної фінансової звітності в 2021 році. Починаючи з 2021 року всі підприємства, що становлять суспільний інтерес, у тому числі суб'єкти фінансової галузі, включаючи банки і небанківські фінансові установи (страхові компанії, кредитні спілки, ломбарди, інші фінансові компанії), повинні використовувати XBRL для складання щоквартальної та річної фінансової звітності. На теперішній час накопичено певний досвід підготовки електронної звітності для компаній з нафтогазової галузі, промисловості, агропромисловості, ІТ, дистрибуції та компаній з управління активами. Однак, розвиток таксономій для суб'єктів господарювання України, а також удосконалення програмного забезпечення для формування звітності згідно з міжнародними стандартами і її опрацювання триває.

Наступним кроком удосконалення системи формування фінансової звітності суб'єктами господарювання України є, на нашу думку, перехід усіх підприємств на стандарт iXBRL з можливістю подавати звіти у даному форматі у податкову адміністрацію, службу статистики.

#### Список посилань

1. Наказ «Про затвердження формату (стандарту) електронного документа звітності платників податків» N 729 від 29.11.2013 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0243-14#Text>
2. Міжнародний консорціум XBRL International. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.xbrl.org>

УДК 004.056.052 (045)

Фролова Н.Є., асистент,  
 Національний авіаційний університет, м. Київ, [talaf@ukr.net](mailto:talaf@ukr.net),  
 Михальчук І.І., канд. техн. наук,  
 Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ,  
[mykhalchuk.inna.kbzi@gmail.com](mailto:mykhalchuk.inna.kbzi@gmail.com),  
 Кушевський Д.Р., магістр  
 Національний авіаційний університет, м. Київ, [dima.kushhevskij@gmail.com](mailto:dima.kushhevskij@gmail.com)

## СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ НА БАЗІ UWB ТЕХНОЛОГІЙ

Система контролю доступу, зазвичай є простою системою авторизації, до складу якої входять пасивна RFID карта та відеокамера. Її ефективність є залежною від якості карт, їх стійкості до підробки, професіоналізму та дисциплінованості задіяного персоналу. На сьогодні є рішення, націлені на захист від проникнення на об'єкт в неробочий час на основі розпізнавання обличчя, що не завжди є достатньо ефективними. Останні розробки націлені на оптимізацію існуючих протоколів та технологій за рахунок покращення параметрів енергоспоживання та стабільності датчиків, застосування інфрачервоних датчиків, але і вони не забезпечують ефективного захисту від проникнень, особливо у приміщеннях, де є авторизовані та неавторизовані особи [1].

Пропонується система ідентифікації проникнень на базі комп'ютерного зору та UWB бездротової технології, до складу якої входять відеокамери, бездротові девайси, керуючий сервер із відповідним програмним забезпеченням.

Основне завдання камер – формування чітких зображення присутності осіб у певному приміщенні без розпізнавання обличчя.

Серед розмаїття підходів до виявлення образу людини на основі зображення групи осіб обрано метод множинних посилок SSMD (Single Shot MultiBox Detector) як найбільш точний та швидкодіючий. Для розрахунку на основі зображення відносної відстані від камери до конкретної особи реалізовано алгоритм SSD (Sum of squared difference)[2].

Наявність оцінок відстані на основі зображення дає змогу ідентифікувати усіх людей у приміщенні. Наступним кроком є визначення координат на площині присутніх у базовому приміщенні осіб (задача позиціонування, див. рис.1):

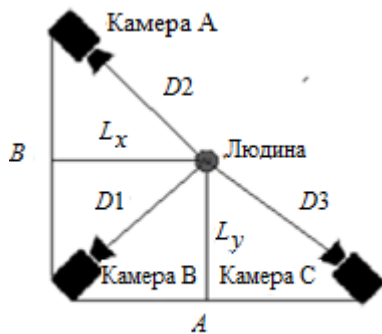


Рис. 1 - До розрахунку позиції

$$L_x = [2\sqrt{p_1(p_1 - B)(p_1 - D2)(p_1 - D1) / B}]; \quad p_1 = (A + D2 + D1) / 2;$$

$$L_y = [2\sqrt{p_2(p_2 - A)(p_2 - D3)(p_2 - D1) / A}]; \quad p_2 = (A + D3 + D1) / 2.$$

На завершальному етапі система ідентифікує співробітників і виявляє зловмисників.

Вирішення всіх завдань здійснюється за допомогою відповідного апаратного, алгоритмічного та програмного забезпечень, з орієнтованих на UWB технологію.

### Список посилань

1. Design and implementation of security system for smart home based on IOT technology [Електронний ресурс]/Chanthaphone Sisavatha, Lasheng Yub [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.02.023>
2. An Improved Sum of Squared Difference Algorithm for Automated Distance Measurement [Електронний ресурс]/Frontiers. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2021.737336/full>

УДК 004.89

Павленко П.М., докт. техн. наук, професор,

Тетерін С.О., аспірант,

Лучков В.Ф., аспірант,

Захарчук Т.М., мол. наук. співробітник,

Національний авіаційний університет, м. Київ, [petrpav@ukr.net](mailto:petrpav@ukr.net)

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗАДАЧ АНДЕРРАЙТИНГУ СТРАХОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ

Ідея про те, що використовуючи можливості інформаційних технологій, замінюючи роботу андеррайтерів алгоритмами, а страхові виплати можуть розглядатися чат-ботом, руйнує правила страхування, стає реальністю і змінює систему андеррайтингу у всьому світі. Використання штучного інтелекту означає, що страхова організація за лічені секунди зможе робити речі, які просто недоступні її штатним працівникам та реалізовувати свої послуги цілодобово.

В процесі досліджень та розробки цифрової платформи системи андеррайтингу з'ясувалося, що ключовим фактором перешкоджаючим появі систем автономного інтелектуального андеррайтингу страхової організації, вже сьогодні, є відсутність моделей і методів моделювання знань при створенні цифрової платформи управління [1]. Синтез та використання семантичних моделей даних [2], дозволив виконати аналіз неструктурованої інформації та забезпечити інтелектуальний пошук даних у безлічі різноманітних джерел страхової організації.

За допомогою відповідних інструментів моделювання побудовано граф онтологічних знань страхової організації. На основі розробленої онтології, що складається з класів, зв'язків та атрибутів (рис.1), був сформований граф роботи системи андеррайтингу страхової організації (рис.2), що дозволило в цілому формалізувати інтелектуальні завдання андеррайтингу та узгодженої циркуляції слабоформалізованих даних.

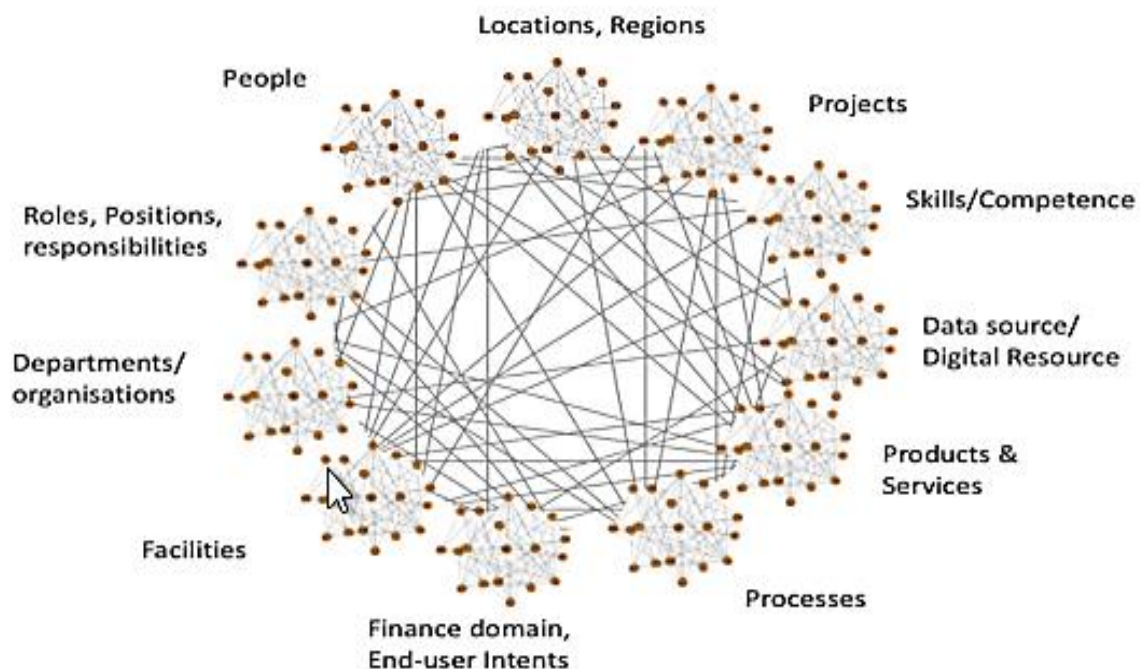


Рис. 1 – Граф онтології класів, зв'язків та атрибутів організації.

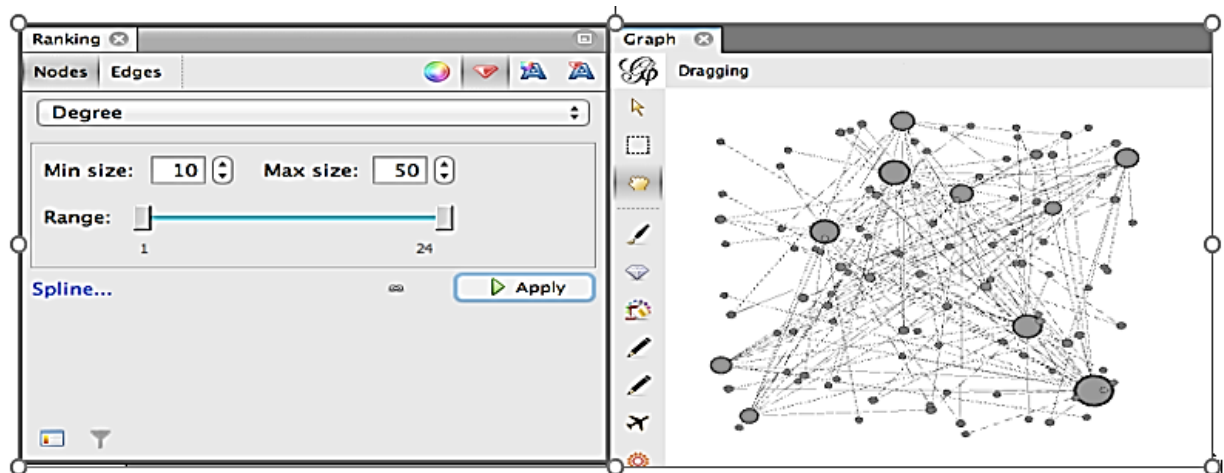


Рис. 2 – Граф онтології використання та узгодженої циркуляції даних системи роботи андеррайтингу страхової організації.

Математичну модель процесів страхової організації, яка дозволила андеррайтеру враховувати та порівнювати тарифні ставки страхових компаній із середньо ринковою ставкою по сегменту ринку, а потім змінювати їх ставки з урахуванням інтенсивності конкуренції та конкурентного ефекту поточного періоду, було використано для розробки автономного інтелектуального модуля автоматизації процесів андеррайтингу страхової організації.

Процес тестування синтезу параметрів та конструктивних змін у системі роботи андеррайтингу, реалізованих в розробленій інформаційній технології, показала адекватність та коректність розрахунків тарифної ставки під час експериментальних досліджень. Результати комп'ютерної симуляції роботи автономного інтелектуального модуля андеррайтингу страхової організації показали позитивний вплив на її фінансовий стан за рахунок вдосконалення точного вибору величини навантаження тарифної ставки та можливостей коригування кількісних і якісних показників за допомогою прогнозного рівня циклу андеррайтингу.

Експериментальні прогони моделей підтверджують ефективність розробленого програмного модуля системи автономного інтелектуального андеррайтингу базової для досліджень страхової організації.

#### Список посилань

1. Прагья Сінгх, Педро Кустодіо, Томаш Собчак, Блог Findability, Building a chatbot – that actually works, 2020, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://findwise.com/blog/category/findability/>
2. Павленко П.М. Управління ефективністю промислового виробництва / П.М. Павленко // Стратегія соціально-економічного розвитку України: зб. наук. пр. / заг. ред. Степанова О.П. – К.: КНУКіМ, 2015. – Ч. 2. – С. 81–98.

УДК 651.012.12

**Кондратюк С.С., аспірант**

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ

#### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ

Все більше компаній переходять на електронний документообіг, особливо в умовах воєнного часу.

Оскільки документи несуть в собі в тому числі і комерційну цінність, то захист документів зараз актуальний як ніколи. Якщо говорити про паперові примірники, то захистити документи практично неможливо.

Проте і для електронних документів є вимоги щодо безпеки.. Зокрема, безпека електронних документів залежить від того, на якій платформі в організації реалізовано електронний документообіг.

Існує декілька факторів, на які слід звертати увагу при реалізації системи для електронного документообігу.

1. Резервне копіювання. Система електронного документообігу повинна володіти інструментом для створення резервних копій інформації. Має бути передбачена можливість як зберігання резервних копій всередині системи, так і можливість вивантаження резервних копій на з'ємний носій або у хмарне сховище з можливістю зберігати такі копії у кількох дата центрах. Оскільки резервна копія передбачає вивантаження усієї інформації в системі разом з усіма налаштуваннями, то не завжди в цьому може виникати необхідність. Тому в системі для електронного документообігу має бути передбачена можливість створення архівів електронних документів з подальшим їх вивантаженням. Документам, що зберігаються на локальних комп'ютерах загрожує потенційно більша небезпека, ніж документам, що зберігаються в централізованих захищених сховищах, в тому числі хмарних сховищах з використанням брандмауерів та інших інструментів кібербезпеки, що дозволяють уникнути злому інформації, наприклад, таких як Microsoft Azure чи GigaCloud. Часто такі інструменти бекапів застосовуються у хмарних рішеннях для реалізації електронного документообігу.

2. Контроль доступу до документів. В системах для електронного документообігу має бути передбачено розмежування прав доступу до документів. Тобто, наприклад, працівник, який відповідає за внесення у програму даних про надходження товару від постачальників, не повинен мати доступу до розрахунку зарплат чи форм бухгалтерської звітності. Тому розмежування доступу до функціонала дозволяє розподілити ролі співробітників відповідно до їхніх посадових обов'язків і забезпечити конфіденційність інформації в системі. Окрім того, кожен користувач системи повинен пройти процедуру автентифікації. Це може бути реалізовано введенням паролю до свого облікового запису, використанням токена, або може бути застосована і багатоетапна автентифікація.

3. Використання кваліфікованого електронного підпису. Використання КЕП в системі для електронного документообігу забезпечить достовірність та конфіденційність інформації. Зрозуміти, що документ є дійсним і що саме цей документ підписувався конкретною відповідальною особою допоможе саме електронний підпис. Конфіденційність інформації при обміні електронними документами забезпечується їх шифруванням за допомогою криптографічного алгоритму, затвердженого державою (ДСТУ ГОСТ 28147:2009). Формат зашифрованих повідомлень повинен відповідати вимогам наказу Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації № 739 від 18.12.2012 р. У відповідності до даного наказу для шифрування інформації використовується свій окремий сертифікат відкритого ключа шифрування, який не використовується для накладання електронного підпису. Використання КЕП має надважливе значення саме в системах для зовнішнього електронного документообігу, тобто при обміні документами між контрагентами, проте варто подбати про такий спосіб аутентифікації в тому числі і при реалізації внутрішньої системи обміну документами, наприклад, при візуванні документів за допомогою електронного підпису всередині підприємства.

4. Захист визнаний на державному рівні. Ознакою технічно захищеної системи електронного документообігу є відповідний документ, визнаний на державному рівні Державною службою спеціального зв'язку та захисту інформації. Ця інформація має бути відображена у експертному висновку. Вважається, що якщо система відповідає національним стандартам Г-2, то її можна вважати надійною, хоча найвищим рівнем захисту програмного забезпечення, визнаним на державному рівні вважається рівень гарантій Г-3. Такий рівень безпеки означатиме, що система електронного документообігу

працює виключно по надійним каналам зв'язку SSL, з використанням міжнародних та національних електронних підписів для підтвердження авторства від підміни та захисту модулів програмного продукту, без підвищених привілеїв щодо використання прав користувачів операційної системи, зі схваленням від Microsoft, вираженим у Windows 10 Ready. Критерієм довіри до системи електронного документообігу в контексті безпеки може бути і документ від спеціалізованої компанії, що займається тестуванням програмного забезпечення на предмет злому, так звані «білі капелюхи». Вони проводять penetration test – спробу злому системи за різноманітними сценаріями хакерських атак. Якщо система може показати документ про успішне проходження такого тесту, то цей продукт вартий уваги.

Реалізація зазначених у статті інструментів захисту інформації в системах електронного документообігу зробить систему повноцінною та захищеною при роботі з електронними документами. Якщо хоча б один з цих інструментів не буде застосований в системі, то це знизить рівень довіри до програмного продукту.

#### **Список посилань**

1. Выбор системы электронного документооборота [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fossdoc/vybor-sed>
2. Свистунов В. Методика выбора оптимальной СЭД - наш опыт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://itdirector.org.ua/>

**СЕКЦІЯ 9**  
**ЕКОНОМІЧНІ, ПРАВОВІ ТА СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ**  
**АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ**  
**ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ. ПРОБЛЕМИ ОСВІТИ**

UDC 623.459

**Voitenko O. A., student**  
**Mitiuk L.O., Ph.D, Associate Professor**  
**Polukarov Yu.O., Ph.D, Associate Professor**  
**Kachynska N.F., Senior Lecturer**  
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,  
[polukarov@ukr.net](mailto:polukarov@ukr.net)

**ANALYSIS OF THE SIGNS OF THE USE OF CHEMICAL WEAPONS**

Threats of a chemical incident are currently possible not only in industrial enterprises, but also in ordinary cities due to military actions of the aggressor with the use of prohibited chemical weapons. The Organization for Security and Co-operation in Europe points out that chemical incidents are characterized by the rapid onset of medical symptoms (from one minute to an hour) and the appearance of easily observable symptoms [1]. The most common war poisons are ammonia, chlorine, white phosphorus, sarin. Here are the main signs of chemical damage.

*The first sign.* Victims may experience various odors that are uncharacteristic of the environment. They can be unpleasant and sharp or pleasant (floral and fruity aroma).

*The second sign.* Presence of dead animals and absence of live insects.

*The third sign.* An unusual number of victims. Victims usually experience nausea, breathing problems, redness of the skin or eyes, tearing, sweating, cramps, paralysis, headache, diarrhea, etc. These signs may also indicate a biological incident.

*The fourth sign.* Changes in the state of plants. Fields, trees, shrubs, grass that have lost their color or dried up (in the absence of drought) in almost the entire affected area.

*The fifth sign.* The presence of fog and clouds not typical for the normal state of the area.

*The sixth sign.* Chemical poison is spread by chemical weapons. If the ammunition or its fragments contain a substance that is difficult to identify, it is likely that chemical weapons were used. Also in the sky you can see the so-called "rain" of combustible matter.

*The seventh sign.* Unusual liquid drops or dew, you can see on the grass oily film or drops that may have an unpleasant odor.

Knowing the signs of a chemical incident, it is necessary to learn the rules of conduct and further actions to reduce the risk of death. If the victim is on the street during the chemical damage, it is necessary to leave the dangerous area as soon as possible.

Usually hazardous chemicals are heavier than air, so choose higher floors for protection. However, for example, in the case of ammonia, on the contrary, it is necessary to go down to the basement or the lower floors of the house. If the victim is already in the room, it is necessary to close vents, doors and windows. It is important to get rid of as many clothes as possible. It should be removed not in the usual way, but by cutting it. You should avoid contact of the upper layer of clothing with the skin, as well as cover the face. Also a responsible stage is the implementation of health measures to remove hazardous chemicals from the surface of the human body [2].

**References**

1. Dovganovsky, M.O. Chemical safety. Rescuer's Guide. / M. Dovganovsky. – Kyiv: OSCE, «VAITE», 2018. – 122 p.
2. Order of the Ministry of Health of Ukraine «On approval of Guidelines for decontamination of victims of chemical, radiation and biological agents» from 27.05.2011 № 322. [Electronic resource] – Mode of access to the resource: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0322282-11#Text>

УДК 355.02:330.133.7

Холодний Р.В.

Гайдак І.Г.

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,  
[cn101074krv@gmail.com](mailto:cn101074krv@gmail.com)

## ДЕЯКІ ПИТАННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ВАРТОСТІ ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ НА СТАДІЇ РОЗРОБЛЕННЯ

В останні роки спостерігається стрімкий ріст розроблення та модернізації існуючих зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) державними та недержавними підприємствами. Стадії життєвого циклу ОВТ визначені в ДСТУ В-П 15.004:2019 [1]. Однією з важливих стадій життєвого циклу ОВТ є стадія “розроблення” (development stage – за типовою програмою НАТО). Згідно з ДСТУ ISO/IEC/IEEE 15288, ДСТУ ISO/IEC TS 24748-1 та AAR-20:2015 NATO programme management framework (NATO Life Cycle Model) ця стадія є типовою стадією життєвого циклу виробу ОВТ [2].

Стадію “розроблення” поділяють на три процеси:

- розроблення та коригування технічної документації на дослідний (головний) зразок виробу ОВТ;
- виготовлення дослідного (головного) зразка виробу ОВТ, виконання його попередніх і приймальних (державних) випробувань;
- затвердження технічної документації на виріб ОВТ для організації його виробництва.

Кожний з цих процесів несе в собі різне фінансове навантаження і потребує залучення професійних людських ресурсів.

Витрати на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (НДР (ДКР), що проводяться на стадії “розроблення” є невід’ємною складовою вартості життєвого циклу [3]. Собівартість НДР (ДКР) визначалась за [4]. Але на даний час нормативні документи, що визначали ці витрати скасовані [5].

Метою стадії “розроблення” є створення такого виробу ОВТ, який задовольняє вимоги замовника, а питання розроблення технічної документації, виготовлення дослідного зразка та проведення його випробувань, як правило, покладається на виробника. Отже, доцільно б було провести диференціювання витрат і розглядати їх окремо за об’ємами фінансування. Найбільш затратним є другий процес, на який покладається безпосередньо виготовлення та проведення випробувань. Процес виробництва достатньо прозорий і підлягає зрозумілій калькуляції. Процес організації, проведення і забезпечення випробувань дослідних зразків більш об’ємний і складний за структурою.

Таким чином, питання визначення вартості випробувань, що є безумовно важливим етапом життєвого циклу ОВТ на стадії “розроблення”, залишається відкритим і потребує подальших досліджень.

### Список посилань

1. Система розроблення і поставлення на виробництво озброєння та військової техніки. Стадії життєвого циклу озброєння та військової техніки: ДСТУ В-П 15.004:2019. – [Чинний від 01-10-2020]. – (Державний стандарт України).
2. Інженерія систем і програмного забезпечення. Процеси життєвого циклу систем (ISO/IEC/IEEE 15288:2015, IDT): ДСТУ ISO/IEC/IEEE 15288:2016. – [Чинний від 01-01-2018]. – (Державний стандарт України). – Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2018.
3. Павленко А.Г. До питання визначення структури та обсягу витрат на наукові дослідження та стадії розроблення озброєння та військової техніки / А.Г. Павленко, Р.В. Холодний, І.Г. Гайдак, В.Г. Шапоренко / Збірник XX науково-технічної конференції “Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах”, Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, 03-04 вересня 2020 р. – Чернігів: Видавець Брагинець О.В., 2020. – С. 190.

4. Про затвердження типового положення з планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт: Постанова Кабінету Міністрів України від 20 липня 1996 року № 830. – (Кабінет Міністрів України).

5. Про визнання такими, що втратили чинність деяких постанов Кабінету Міністрів України: Постанова Кабінету Міністрів України від 22.05.2019 № 419. – (Кабінет Міністрів України).

УДК 623.1

Лаппо І.М., канд. техн. наук, доцент,  
Приходько С.М.,  
Авраменко В.М.,

ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння і військової техніки, м. Чернігів, [irinalappo@i.ua](mailto:irinalappo@i.ua)

## ОСНОВНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ЗРАЗКІВ БРОНЕТАНКОВОЇ ТА АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Розробка та виробництво сучасних зразків озброєння та військової техніки (ОВТ), зокрема бронетанкової та автомобільної техніки (БТАТ), тісно пов'язані з проведенням повного циклу теоретичних і практичних досліджень, лабораторних і натурних випробувань. Це у свою чергу, вимагає створення або модернізації відповідної матеріально-технічної та випробувальної бази, доведення її до сучасного технічного рівня. Проведення натурних випробувань БТАТ можливе лише за наявності відповідної інфраструктури і сучасної випробувальної бази.

Аналіз проведення досліджень в галузі випробувань БТАТ показав, що на даний час не вирішеним є питання щодо оцінювання БТАТ до впливу зовнішніх механічних і кліматичних факторів (ЗМКФ) з використанням сучасного лабораторно-випробувального обладнання (ЛВО). Згідно з [1] зразки БТАТ піддаються впливу наступних ЗМКФ: вібрації; удару; підвищеної та зниженої температури; температурному удару; підвищеної вологості; дощу, граду, снігу, льоду; піску та пилу; сонячному випромінюванню та ін.

В рамках виконання завдання удосконалення лабораторно-випробувальної та полігонно-випробувальної баз Збройних Сил України (ЗС України) здійснювались заходи щодо створення полігону для проведення випробувань ОВТ Сухопутних військ ЗС України, який повинен бути оснащеним ЛВО для виконання вимірювань та оброблення інформації з метою визначення (перевірки) тактико-технічних характеристик об'єктів випробувань у різних умовах їх застосування. До складу ЛВО повинні входити, зокрема, засоби та обладнання для кліматичних випробувань (кліматичні камери, дощувальні установки тощо); засоби та обладнання для механічних випробувань (вібраційні та ударні стенди) [2]. Таким чином, реалізація вищезазначених заходів дозволить випробувальній базі ЗС України набутися спроможності щодо випробування та оцінювання перспективних зразків БТАТ відповідно стандартів НАТО; підвищити рівень контролю за технічним станом БТАТ під час проведення випробувань. В ході проведеного дослідження були вирішені поставлені завдання: виявлені найбільш важливі для оцінки в умовах полігону перевірки БТАТ до впливу ЗМКФ; розроблено методичний апарат проведення лабораторних випробувань БТАТ до впливу ЗМКФ в умовах полігону; розроблено пропозиції до створення інфраструктури полігону для проведення лабораторних випробувань БТАТ до впливу ЗМКФ.

### Список посилань

1. Озброєння та військова техніка. Випробування. Настанови щодо оцінки впливу навколишнього середовища на озброєння та військову техніку: BCT 01.055.005-2021 (01) (STANAG 4370 Edition 7/AECTR-100 Edition E, Environmental Guidelines for Defence Materiel, IDT). - [Чинний від 2021-10-18]. – 2021. – 112 р.

2. Кузнецов, В.О. Рекомендації щодо оснащення полігону для проведення випробувань бронетанкової та автомобільної техніки / В.О. Кузнецов, Ю.М. Добришкін, І.М. Лаппо, В.А. Жирний // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, ДНДІ ВС ОВТ. – Чернігів, 2021. – № 2(8). – С. 56-63.

УДК 616-089.197.6

Кузовик В.Д., докт. техн. наук, професор

Ковальчук В.І., аспірант

Національний авіаційний університет, м. Київ, [v.kuzovyk@ukr.net](mailto:v.kuzovyk@ukr.net)

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЖИВАННЯ НИРКОВОГО ТРАНСПЛАНТУ ДЛЯ РЯДУ КРАЇН

Попит на донорські органи зростає щорічно, оскільки трансплантація органів часто є оптимальним рішенням при кінцевих стадіях дисфункції органів [1]. Враховуючи перманентний дефіцит донорських органів, доцільно сконцентруватись на збільшенні періоду ефективності пересаженого органу.

Наразі наявні значні відхилення у показниках виживання трансплантату після пересадки у різних країнах, що суттєво залежить від особливостей процедури оцінки відповідності донора та реципієнта [2].

Наприклад, можемо виділити групу із Франції [3], об'єднання Скандіатрансплант [4] та Нідерландів [5]. Усі країни мають приблизно один часовий період збору даних: 2007-2018, 2000-2018, 2000-2019, відповідно. Середній вік реципієнтів для Франції та Нідерландів практично ідентичний (54 та 53.4 років), реципієнти із Скандіатрансплант трохи старші (58 років у середньому), однак саме об'єднання скандинавських країн має найкращі показники виживання трансплантатів: 1 рік – 96.1%, 5 років – 85.5%. Для порівняння, показники для Франції – 91.8% / 78.4%, а для Нідерландів – 84.9%/68.0%. Було зроблене припущення, що природа даних артефактів полягає у відмінностях медичних систем зазначених країн, головним чином – у відмінних методиках оцінки відповідності донора і реципієнта.

Виявлено, що країни об'єднання Скандіатрансплант використовують найширший перелік HLA (людський лейкоцитарний антиген) локусів для оцінки відповідності донора і реципієнта – туди входять антигени груп HLA-A, B, C, DP та DQ [6]. В той же час, програма співставлення донорів та реципієнтів у Франції не враховує антигени групи HLA-C [7]. У Нідерландах, взагалі, програма відповідності HLA базується лише на локусах HLA-A, -B та -DR. Антигени HLA-C та -DQ, а також деякі антигени локусів HLA-B та -DR не враховуються в програмі розрахунку невідповідності HLA [8]. Така інформація очевидно корелює з показником виживання трансплантатів у досліджуваних країнах – що більше локусів HLA досліджується – то більш життєздатним виявляється трансплантат. Звичайно, зарано робити далекоглядні висновки, проте, як бачимо, суттєва різниця у терміні виживання трансплантатів у різних країнах, підкріплена значними відмінностями щонайменше у програмах співставлення донорів та реципієнтів.

### Список посилань

1. Global Observatory on Donation and Transplantation. Data (Charts and tables). 2020. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.transplant-observatory.org/data-charts-and-tables/>
2. International Registry in Organ Donation and Transplantation. IRODaT Newsletter 2020. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.irodat.org/img/database/pdf/Newsletter%20Dec%202020%20.pdf>
3. Agence de la biomedicine. 2019 Le rapport medical et scientifique du prelevement et de la greffe en France. 2020. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rams.agence-biomedecine.fr/>
4. Scandiatransplant Nordic Kidney Group. Presentation Renal transplants in Scandiatransplant. 2017. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.scandiatransplant.org/members/nkg/SCTP\\_1995\\_2017.pptx/view](http://www.scandiatransplant.org/members/nkg/SCTP_1995_2017.pptx/view)
5. Nederlandse Transplantatie Stichting. Hoe lang gaat een donororgaan mee? 2020. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.transplantatiestichting.nl/publicaties-en-naslag/cijfers-over-donatie-en-transplantatie/hoe-lang-gaat-een-donororgaan-mee-1>

6. Scandiatransplant. Acceptable Mismatch Program: STAMP guideline version 8.0. 2017. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.scandiatransplant.org/organ-allocation/Manual\\_STAMP\\_16aug2017\\_version\\_8.0.pdf](http://www.scandiatransplant.org/organ-allocation/Manual_STAMP_16aug2017_version_8.0.pdf)

7. Agence de la biomedicine. Procedures d'application des regles de repartition et d'attribution des greffons preleves sur personne decedee. 2014. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.agence-biomedecine.fr/IMG/pdf/regles\\_repartition\\_organes\\_decembre2013.pdf](https://www.agence-biomedecine.fr/IMG/pdf/regles_repartition_organes_decembre2013.pdf)

8. Eurotransplant. Eurotransplant Manual – version 8.2. Chapter 4 Kidney (ETKAS and ESP). 2020. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eurotransplant.org/wp-content/uploads/2020/01/H4-Kidney.pdf>

УДК 658.562

**Шишкін В.М., канд. техн. наук, доцент,  
Ромашко А.С., канд. техн. наук, доцент,  
Кравець О.М., канд. техн. наук, доцент,  
Гаврушкевич Н.В., асистент,**

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,  
[as\\_romashko@ukr.net](mailto:as_romashko@ukr.net)

## ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ

Взагалі колір, смак, форму, технічні характеристики споживач обирає в залежності від своїх потреб та вподобань, але наявність аудиту 3-ої сторони (наприклад, випробувальною лабораторією, установою, організацією, які повинні бути, зокрема, компетентними та незалежними і від виробника, і від споживача, тобто неупередженими) має його запевнити в безпеці товару і, за потреби, підтвердити задекларовані виробником технічні характеристики.

Спочатку трохи історії. З 90-х років ХХ сторіччя до лютого 2016 року в Україні діяла Державна система сертифікації (УкрСЕПРО). Для роботи в системі були визначені органи з сертифікації продукції, послуг, органи з сертифікації систем управління та випробувальні лабораторії, які здійснювали свою діяльність відповідно до державних стандартів (стандарти нині не чинні), але в окремих публікаціях 2019 та 2020 року вони наведені так, що складається враження чинності таких стандартів. Насправді, за інформацією НІЦ «ЛЕОНОРМ» [1] нижченаведені стандарти стандарти нечинні:

- ДСТУ 3410-96. Державна система сертифікації. Основні положення;
- ДСТУ 3411-2004. Державна система сертифікації. Вимоги до органів з сертифікації продукції та порядок їх акредитації;
- ДСТУ 3412-96. Державна система сертифікації. Вимоги до випробувальних лабораторій та порядок їх акредитації;
- ДСТУ 3413-96. Державна система сертифікації. Порядок проведення сертифікації продукції;
- ДСТУ 3414-96. Державна система сертифікації. Атестація виробництва. Порядок проведення;
- ДСТУ 3415-96. Державна система сертифікації. Реєстр Системи;
- ДСТУ 3416-96. Державна система сертифікації. Порядок реєстрації об'єктів добровільної сертифікації;
- ДСТУ 3417-96. Державна система сертифікації. Процедура визнання результатів сертифікації продукції, що імпортується;
- ДСТУ 3418-96. Державна система сертифікації. Вимоги до аудиторів та порядок їх атестації;
- ДСТУ 3419-96. Державна система сертифікації. Сертифікація систем якості. Порядок проведення;

- ДСТУ 3420-96. Державна система сертифікації. Вимоги до органів з сертифікації систем якості та порядок їх акредитації;
- ДСТУ 3498-96. Державна система сертифікації. Бланки документів. Форма та опис;
- ДСТУ 3957-2000. Державна система сертифікації. Порядок обстеження виробництва під час проведення сертифікації продукції.

Положення вищезазначених стандартів системи УкрСЕПРО були прийняті за основу в процедурах органів сертифікації для добровільної оцінки відповідності після прийняття у 2015 році Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [2].

Щодо добровільної оцінки, то вона відповідно до Закону України [2] «здійснюється на добровільних засадах, в будь-яких формах, включаючи випробування, декларування відповідності, сертифікацію та інспектування, та на відповідність будь-яким заявленим вимогам», тобто така оцінка може бути здійснена виробником, як шляхом декларування, так і шляхом сертифікації.

Щодо оцінки відповідності в законодавчо-регульованій сфері, вона здійснюється відповідно до прийнятих в Україні технічних регламентів).

Технічний регламент (ТР) відповідно до Закону України [2] це «нормативно-правовий акт, в якому визначено характеристики продукції або пов'язані з ними процеси та методи виробництва, включаючи відповідні процедурні положення, додержання яких є обов'язковим».

Оцінка відповідності в законодавчо-регульованій сфері здійснюється з врахуванням Постанови Кабінету Міністрів України від 13 січня 2016 р. № 95 [3] відповідно до конкретного ТР та національних стандартів, що ідентичні гармонізованим європейським стандартам та відповідність яким надає презумпцію відповідності обладнання вимогам ТР.

Станом на 08.05.2022 року в Україні розроблено 103 технічних регламенти (ТР), з яких одинадцять ТР ще не є чинними [4], вимоги яких регламентують процеси протягом життєвого циклу об'єкта. В цій же базі можна переглянути реєстр призначених органів оцінки відповідності (таких, яким надано право здійснювати оцінку відповідності в законодавчо-регульованій сфері щодо конкретної продукції).

Також, для конкретизації вимог ТР на сайті Мінекономіки наявні переліки національних стандартів під технічні регламенти [5].

#### Список посилань

1. НІЦ "ЛЕОНОРМ". Стандартизація. База стандартів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.leonorm.lviv.ua>
2. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 14, ст. 96) із змінами [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/124-19>
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 13 січня 2016 р. № 95 [«Про затвердження модулів оцінки відповідності, які використовуються для розроблення процедур оцінки відповідності, та правил використання модулів оцінки відповідності» [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/95-2016-p/page>
4. Міністерство економіки України. База даних про технічні регламенти та реєстр призначених органів і визнаних незалежних організацій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=5be7f806-4b9c-4e20-98ec-c3b2c99f1142&title=BazaDanikhProTekhnichniReglamentiTaRestrPriznachenikhOrganivIViznaniKhNezalezniKhOrganizatsii>
5. Міністерство економіки України. Перелік національних стандартів під технічні регламенти [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=ukUA&id=fbe1ad1b6d48407ea2bdaae55f31afec&tag=PerelikNatsionalnikhStandartivPidTekhnichniReglamenty>

УДК 658.562

Ромашко А.С., канд. техн. наук, доцент  
Шишкін В.М., канд. техн. наук, доцент  
Кравець О.М., канд. техн. наук, доцент  
Гаврушкевич Н.В., асистент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,  
[as\\_romashko@ukr.net](mailto:as_romashko@ukr.net)

### **КОМПЕТЕНЦІЇ ФАХІВЦЯ З ТЕХНІЧНОЮ ОСВІТОЮ В КУРСІ «ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ ПРОДУКЦІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ»**

Наразі в рамках освітньої програми «Конструювання та дизайн машин» в КПІ ім. І.Сікорського готується курс «Оцінка відповідності продукції машинобудування та системи управління якістю».

В курсі передбачено вивчення принципів стандартизації, технічного регулювання, оцінки відповідності продукції та систем управління при виробництві чи постачанні/придбанні продукції з дотриманням нормативних документів національного та міжнародного рівня, в т.ч. стандартів ISO, ознайомлення з заходами з підвищення економічності та продуктивності машинобудівного виробництва з використанням наскрізних інтегрованих систем управління взагалі та системи управління якістю зокрема.

Курс передбачає надбання навичок вибору застосовних нормативних документів, встановлення вимог до продукції, формування файлів технічної документації для оцінки продукції та ознайомлення з процедурами оцінки відповідності машин і механізмів на всіх етапах їх життєвого циклу - як на етапах їх створення і постановки на виробництво, так і під час експлуатації та утилізації. Кожне підприємство, яке є чи бажає стати конкурентоздатним, впроваджує системи управління, якими мають управляти підготовлені фахівці.

Дотримання вимог технічних регламентів та інших застосовних нормативних документів вже на етапі науково-дослідних робіт та конструювання гарантує подальшу безпеку продукції, тобто відсутність ризику (мінімізацію ризику) для життя, здоров'я, майна споживача і навколишнього природного середовища при звичайних або обґрунтовано передбачуваних умовах використання, зберігання, транспортування, виготовлення і утилізації продукції, у тому числі, щодо строку служби, введення в обіг, встановлення та експлуатацію на об'єктах застосування і технічного обслуговування.

Технічна документація на продукцію повинна охоплювати всі стадії проектування, виробництва та застосування продукції, містити інформацію для встановлення її відповідності або стандартам, або вимогам технічного регламенту та переліку національних стандартів, які, в разі їх застосування, є доказом відповідності вимогам технічного регламенту.

Студент має розуміти, що варто перевіряти та оцінювати не лише готовий виріб, а здійснювати заходи контролю протягом усього життєвого циклу такого виробу. Етапи життєвого циклу виробу тісно пов'язані з професійними компетенціями, тому не варто всю відповідальність покладати лише на фахівців з компетенціями менеджерів, економістів та маркетингологів.

Розглянемо етапи так званої «петлі якості» (від виявлення потреби до її задоволення) з огляду на те, що може здійснити фахівець з технічною освітою (далі ФТО) в кожній точці цієї «петлі якості», отримавши при цьому додатково знання про процедури оцінки, вимоги стандартів та вимоги технічних регламентів, оцінюючи ризики та можливість реалізації нижченаведених етапів «петлі якості»:

- **Маркетинг, пошук та вивчення ринку.** ФТО краще орієнтується в технічних характеристиках наявних на ринку виробів, окрім того ФТО може проаналізувати (прогнозувати) перспективу появи нових виробів, в тому числі й за рахунок здійснення патентного пошуку.

- **Науково-дослідна робота, проектування, розробка продукції.** ФТО може здійснити кожен елемент цього етапу, спираючись на наявні у нього фахові компетенції, а також враховуючи вимоги ДСТУ EN ISO 12100:2016 [1].

- **Матеріально-технічне постачання.** Етап передбачає закупівлю технологічного та вимірювального обладнання й інструменту, а також закупівлю матеріалів. ФТО може запропонувати що і в кого придбати, спираючись на наявні у нього фахові компетенції, здійснювати вхідний контроль, аналізувати результати вхідного контролю, наявність протоколів випробувань на предмети, що закуповуються, декларацій та сертифікатів.

- **Планування, підготовка і розроблення виробничих процесів.** ФТО може планувати оснащення виробничих приміщень з урахуванням технології виробництва та вимог техніки безпеки, визначати кількість та перелік співробітників з необхідними компетенціями як фаховими, так і особистими.

- **Виробництво продукції.** ФТО може організувати та реалізувати процеси виробництва, досліджувати технічний стан технологічного обладнання під час його застосування.

- **Контроль, випробування аналіз.** ФТО може визначати необхідні етапи операційного контролю, методи випробувань продукції, що виробляється та технологічного обладнання, реалізовувати та вдосконалювати приймально-здавальні випробування.

- **Пакування та збереження.** ФТО може розробляти належні процедури та контролювати/здійснювати пакування та належне зберігання продукції.

- **Реалізація та розподіл продукції.** ФТО, знаючи технічні характеристики виробу, його переваги та недоліки, може належним чином запропонувати виріб відповідно до вимог конкретного споживача, якщо такі вимоги не суперечать стандартам та технічним регламентам.

- **Монтаж, налагодження, експлуатація.** ФТО може розробити належні процедури та контролювати/здійснювати монтаж, налагодження і експлуатацію.

- **Технічна допомога в обслуговуванні (сервіс).** ФТО може розробити належні процедури та контролювати/здійснювати сервісне обслуговування.

- **Утилізація.** ФТО може розробити належні процедури утилізації та контролювати/здійснювати її.

Всі зазначені етапи мають здійснюватись за розробленими ФТО процедурами з дотриманням вимог технічних регламентів, стандартів, технічних умов.

Вищезазначені процеси, в конкурентоздатній організації, мають бути інтегровані ФТО в її систему (-ми) управління, наприклад, в систему управління якістю, управління інформаційною безпекою, екологією, охороною здоров'я та безпекою праці, в систему енергетичного менеджменту, в тому числі орієнтуючись на перелік стандартів з систем управління наявний на сайті Міжнародної організації з стандартизації [2].

#### Список посилань

1. ДСТУ EN ISO 12100:2016 (EN ISO 12100:2010, IDT; ISO 12100:2010, IDT) «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків». Чинний від 2018-07-01. – Київ: ДП «УкрНДНЦ». – 64 с.

2. Международная организация по стандартизации. Популярные стандарты [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iso.org/ru/popular-standards.html>

УДК 658.155

Ємельянова О.М., канд. наук держ. управ., доцент

Титок В.В., канд. екон. наук, доцент

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ,

[mkelena1@ukr.net](mailto:mkelena1@ukr.net)

## ЗНАЧЕННЯ КОНТРОЛІНГУ В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНОЮ ОРГАНІЗАЦІЄЮ

У сучасних умовах функціонування суб'єктів господарювання, процес управління підприємством вимагає комплексного рішення з використанням нових підходів до управління. В останнє десятиліття позначилась зацікавленість великих будівельних підприємств до контролінгу як системи успішного управління підприємством. Проведені дослідження на будівельних підприємствах показали, що застосування контролінгових технологій у процесі управління підвищило ефективність управління.

Одним із найважливіших напрямів удосконалення організації планування, обліку, контролю та аналізу фінансово-господарської діяльності підприємства є концепція контролінгу, яка нещодавно почала використовуватися у теорії та практиці управління. Розглядаючи контролінг як новий для українських промислових підприємств інструментарій у системі менеджменту, необхідно відзначити неоднозначне визначення контролінгу як у науковій літературі, так і на практиці, що призводить до розуміння контролінгу як нового чи реформованого контролю. За неоднозначності розуміння терміну «контролінг» доцільно розібратися в його основах.

Існує безліч концепцій, автори яких формують оригінальні цілі та завдання контролінгу. Наприклад, *концепція контролінгу з орієнтацією на систему обліку* заснована на використанні інформації про вартісні показники діяльності підприємства, які визначаються на основі даних про бухгалтерський облік. Головним показником, що характеризує ефективність діяльності підприємства у цій концепції, є прибуток. *Інформаційна концепція* являє собою систему контролінгу як сервісну функцію менеджменту, що забезпечує інформаційну підтримку планування, моніторингу, регулювання та контролю для підприємства. *Координуюча концепція* передбачає основним завданням контролінгу координацію системи управління на підприємстві під «єдиною управлінською парасолькою». Ця концепція характеризується спрямованістю контролінгу на координацію систем планування, контролю та інформаційного забезпечення, контролінг розглядається як одна з підсистем управління підприємством та інструмент досягнення цілей підприємства. *Системоутворююча концепція* розглядає контролінг як систему управління підприємством, при цьому вироблення, уточнення та досягнення цілей підприємства включаються до переліку завдань контролінгу. У *концепції контролінгу з орієнтацією на процес прийняття рішення* контролінг розглядається як надбудова до системи управління підприємством, інструмент координації [1].

Незважаючи на відмінності у визначеннях поняття «контролінг», в них можна назвати такі загальні риси контролінгу:

- охоплює усі сфери функціональної діяльності підприємства;
- надає менеджерам інформацію, необхідну для управління підприємством.

Існуючий практичний досвід організації та функціонування контролінгу на підприємствах будівельного комплексу недостатньо узагальнений і вимагає подальших досліджень та рекомендацій щодо його вдосконалення та підвищення ефективності. Метою контролінгу є організація процесу управління таким чином, щоб забезпечити ефективне функціонування підприємства у динамічному зовнішньому середовищі [2]. Контролінг дозволяє здійснювати постійний контроль над досягненнями як стратегічних, так і оперативних цілей діяльності підприємства. Метою стратегічного контролінгу є забезпечення виживання підприємства та відстеження руху підприємства до стратегічної

мети розвитку, що намічена. Мета оперативного контролінгу - створення системи управління досягненням поточних цілей підприємства, а також прийняття своєчасних рішень щодо оптимізації співвідношення витрати - прибуток.

Контролінг завжди орієнтується на певну специфіку підприємства, організаційну структуру, тривалість та підвищену складність використовуваних у системі бізнес-процесів, розвиненість структури та ефективність тактичного та стратегічного управління системою, сильну залежність результату від особистісних та професійних якостей менеджерів.

Будівельні організації мають у своєму розпорядженні значні резерви, які можуть проявлятися не тільки у використанні передових технологій виробництва робіт та концентрації капіталу, а й у зміні облікової, фінансової, кадрової політики, а також у перетворенні організаційної структури.

При формуванні системи контролінгу у будівельних організаціях розробляється комплекс взаємопов'язаних модулів: виділення центрів відповідальності, побудова комплексної системи оціночних показників, формування системи моніторингу, механізму регулювання. Для успішного формування та впровадження системи контролінгу мають бути визначені центри відповідальності (підрозділи, виділені з урахуванням здатності приносити дохід, акумулювати витрати та нести відповідальність за їхню величину).

В рамках системи контролінгу інформація акумулюється та аналізується за центрами відповідальності, зв'язок між якими здійснюється шляхом створення комплексної системи оціночних показників. Виділяються, як правило, такі центри відповідальності:

центр прибутку – відповідальний за формування прибутку (підрозділи, що займаються підрядними, проектними роботами, виробнича база, організація управління нерухомістю тощо);

центр витрат – відповідальний за витрати (адміністративно-господарські, фінансові служби, юридичний відділ тощо);

центр доходів – маркетинговий відділ, що відповідає за продаж готових площ і, відповідно, формує доходи;

центр інвестицій – який контролює не тільки витрати, доходи і прибуток, а й використання прибутку, зокрема інвестиції у власні активи.

Слід зазначити, що розглянутий типовий підхід до виділення центрів відповідальності не виключає наявності різних модифікацій, що найбільш повно відображають сутність управління конкретними будівельними підприємствами.

Підсумовуючи, можна відзначити, що в нашій країні є значний потенціал розвитку концепції та методів контролінгу та, головне, можливостей їх практичного застосування.

Впровадження системи контролінгу у будівельних організаціях дозволяє підвищити ефективність всього процесу управління його економічною діяльністю. Можна з упевненістю стверджувати, що, при порівняно невеликих витратах, будівельна організація отримує у своє розпорядження спеціалізовану, системно організовану інформацію для оперативного і стратегічного управління, спрямовану на досягнення бажаного стану із збереженням ключових параметрів господарюючого суб'єкта як системи.

#### Список посилань

1. Хайлук, С.О. Закордонний досвід використання системи контролінгу в управлінні фінансами підприємств / С.О. Хайлук // Вісник Української академії банківської справи. – 2005. – №2(19). – С. 36-41.

2. Камінська Т.Г. Роль і місце управлінського обліку в системі контролінгу на підприємстві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://magazine.faaf.org.ua/rol-i-misce-upravlinskogo-obliku-v-sistemi-kontrolingu-na-pidpriemstvi.html>

УДК 342:32:355

**Присяжний В.В., студент,  
Литвиненко В.М., канд. юр. наук, доцент**  
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів,  
[vadym.prisyajnui@gmail.com](mailto:vadym.prisyajnui@gmail.com)

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕРЖАНОЇ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ В ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ**

В умовах повномасштабного вторгнення Російської Федерації на територію України та окупація частини регіонів, виникає необхідність створення дієздатної, мобільної та професійної армії. Допомога міжнародної спільноти у вигляді важкої техніки, артилерії та іншої зброї починає прибувати у великих кількостях. Постає необхідність у звільненні окупованої території. Для цього необхідно створити ефективні батальйонно-тактичні групи для проведення наступальної операції та укріпити вразливі місця. У цьому контексті виникає потреба у професійних військових кадрах, що можуть користуватися технікою та зброєю наших західних партнерів. Збройні Сили України (далі – ЗСУ) довели свою здатність захисту державного суверенітету. Раніше про це свідчило те, що за підсумками 2021 року Міжнародна компанія Global Firepower, помістила Україну на 22-е місце по військовій силі [1]. Необхідність набуття досвіду наступальних операцій та використання новітньої техніки є необхідною умовою успіху ЗСУ та звільнення державної території від загарбника. Дослідженням питання державної кадрової політики в ЗСУ займалися такі вітчизняні вчені як О. Коваль, О. Білецький, О. Дороніна, О. Плеханова, В. Галушка, Д. Плеханов, і т.д.

Важливо дослідити поняття державної кадрової політики та менеджменту в ЗСУ. Державна кадрова політика – це система теоретичних ідей, поглядів, принципів та способів за допомогою яких держава встановлює основні напрями роботи з кадрами (певним штатом працівників з відповідною компетенцією). Держава контролює або регулює величезну кількість сфер суспільних відносин. Особливо це стосується сфери національної безпеки та оборони.

Слід зазначити, що наказом Міністерства оборони України у 2021 р. було затверджено Концепцію кадрової політики в Збройних Силах України на період до 2025 року, в якій введено поняття «військова кадрова політика у Збройних Силах» (військова кадрова політика), яка була визначена як сукупність принципів, напрямів, форм та методів Міністерства оборони та інших органів військового управління Збройних Сил, спрямованих на створення цілісної системи формування, підготовки, ефективного використання персоналу відповідно до потреб Збройних Сил, забезпечення потреб кожної особистості, розвитку в неї стійкої мотивації до військової служби та можливості реалізації свого потенціалу під час її проходження» [2].

О. Білецький та О. Дороніна стверджують те, що «кадрова політика як складова ефективного оборонного менеджменту має формуватися та реалізовуватися на таких принципах: відкритість, прозорість, системність, послідовність, гнучкість, адресність, моральність, наукова обґрунтованість, багаторівневість, перспективність, реалістичність та законодавча забезпеченість» [3, с. 211]. Досить складно не погодитись, оскільки кадрова політика в ЗСУ повинна конкурувати з іншими сферами суспільних відносин.

Переходячи до проблем кадрової політики необхідно звернутися до системи формування кадрового резерву. Необхідність цього інструменту зумовлюється тим, що для ЗСУ людські ресурси необхідно поповнювати та навчати нових методів ведення війни.

По-перше, виникає необхідність в автоматизованих системах обліку (реєстрах) військовозобов'язаних та військовослужбовців задля мобільності та оперативності створення кадрових резервів та його забезпечення. У деяких країнах НАТО створені спеціальні інтегровані автоматизовані системи, наприклад, США розгорнула глобальну

систему підтримки (Global Combat Support System – GCSS) [4, с. 365]. Тісна співпраця з країнами НАТО дозволить Україні просуватися в напрямку автоматизації військових сил.

По-друге, необхідно запровадити індивідуальні плани освіти/кар'єри військовослужбовця. Повний перехід від командно-адміністративних методів до більш індивідуальної роботи з персоналом згідно з оборонною реформою, яка буде тривати. У межах цього підходу доречним буде розробляти для військовослужбовців індивідуальні плани розвитку кар'єри. Виникає необхідність профорієнтації за допомогою відповідних завдань для оцінки вмінь військовослужбовців та їх потреб [5, с. 61]. Також необхідно здійснити перехід від використання переважно закритого типу кадрової політики (висування на керівні посади фахівців тільки зі свого нижчого посадового рівня) до розробки та запровадження моделей активної та відкритої кадрової політики (врахування досягнень науки та техніки та підготування необхідних фахівців для задоволення встановлених потреб), що є більш гнучкою та відповідає сучасним трендам кадрового менеджменту. Деякі кроки у цьому напрямку здійснило Міністерство оборони затвердивши свою Концепцію військової кадрової політики на період до 2025 року [2].

По-третє, необхідна підготовка фахівців для кадрових служб ЗСУ на основі нових стандартів залучення, адаптації, проходження військової служби; запровадження кадрових технологій відповідно до стандартів НАТО, приведення їх до світового рівня з метою подальшої інтеграції військової сфери України в єдиний європейський сектор безпеки [6, с. 137]. Задля цього військове керівництво затвердило Концепцію розвитку професійного сержантського корпусу Збройних Сил України, що допоможе у подальшій професіоналізації старшинського складу командного напрямку тощо. Він набере чинності 20-ого грудня [7].

Отже, в умовах повномасштабного вторгнення Росії виникає необхідність удосконалення кадрової політики згідно з міжнародними стандартами, професіоналізації кадрових резервів та їх швидкої мобілізації. Виникає необхідність у створенні автоматизованих систем обліку військовозобов'язаних та військовослужбовців та їх кваліфікації (перекваліфікації) за встановленими індивідуальними планами. Звісно на все це потрібні значні державні ресурси, що в сучасних умовах дуже складно знайти. Однак такі напрямки модернізації кадрової політики в ЗСУ їх зміцнять. Від кадрової політики залежить стан та готовність ЗСУ до оборони та наступу задля захисту державного суверенітету.

#### Список посилань

1. Рейтинг військової сили 2022 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.globalfirepower.com/countries-listing.php>
2. Концепція кадрової політики в Збройних Силах України на період до 2025 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.mil.gov.ua/content/mou\\_orders/mou\\_2021/280\\_nm.PDF](https://www.mil.gov.ua/content/mou_orders/mou_2021/280_nm.PDF)
3. Білецький О.В. Трансформація підходів до формування кадрової політики як складової ефективного оборонного менеджменту. сигналів / О.В. Білецький, О.А. Дороніна // Економічний вісник Донбасу. – 2020. – № 2(20). – С. 209 – 215.
4. Коваль О.В. Основні напрями вдосконалення державної кадрової політики в Збройних Силах України завдяки впровадженню та розвитку автоматизованих систем обліку й управління персоналом / О.В. Коваль // Вісник національного університету цивільного захисту України. – 2021. – №1(14). – С. 357 – 371.
5. Галушка В.Ю. Проблеми кадрової політики у Збройних Силах України / В.Ю. Галушка // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: «Державне управління». – 2021. – №32(71). – С. 58 – 61.
6. Плеханов Д. О. Удосконалення кадрового менеджменту в Збройних Силах України в контексті реформ оборонної сфери / Д.О. Плеханов, О.П. Плеханова // Public Administration and Regional Development, 2019. – №3. – С. 128 – 140.
7. Про затвердження Концепції розвитку професійного сержантського корпусу Збройних Сил України: Наказ Міністерства оборони України від 08.02.2022. № v0044322-22 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0044322-22#Text>

УДК 316.6:331.101

Пекур Д.Л., студентка,  
Литвиненко В.М., канд. юр. наук, доцент  
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів,  
[pekurdarya015@gmail.com](mailto:pekurdarya015@gmail.com)

## РОЛЬ СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ В УПРАВЛІННІ ПЕРСОНАЛОМ

Ефективне управління персоналом є запорукою успішної діяльності будь-якого підприємства. Для досягнення бажаних результатів в управлінні використовуються різноманітні методи, зокрема соціально-психологічні.

Загалом, управління персоналом можна визначити як сукупність впливів на організаційну поведінку людей, спрямованих на активізацію професійних і духовних можливостей для розв'язання поставлених завдань [1, с. 18].

Методи управління персоналом є засобами впливу на колективи і окремих працівників в цілях здійснення координації їх діяльності в процесі виробництва для досягнення конкретного результату [2, с. 76].

Як вже відомо, існує три групи інструментів стимулювання співробітників: економічні, соціально-психологічні, адміністративні методи [3, с. 224].

Адміністративні методи включають у себе пряму організацію роботи та субординацію, тобто відношення підпорядкування, економічні – матеріальне забезпечення працівників, у тому числі заробітну плату як основний стимул трудової діяльності, а соціально-психологічні – широке коло варіацій взаємовідносин у робочому колективі, спрямованих на заохочення працівників до виконання своїх обов'язків. Дані групи методів діють у комплексі, а деякі інструменти впливу можуть поєднувати у собі ознаки декількох груп.

Щодо соціально-психологічних методів, то умовно їх можна поділити на соціальні та психологічні.

До соціальних методів управління персоналом можна віднести соціальне планування, анкетування, інтерв'ювання, спостереження, співбесіду, створення і підтримка морального клімату в колективі.

Соціальне планування має на меті постановку певних завдань, цілей, спрямованих на досягнення конкретних результатів. Роль такого методу полягає у підвищенні соціально-економічної ефективності роботи персоналу і підприємства вцілому.

Анкетування та інтерв'ювання також є важливими методами, так як дають змогу збирати потрібну інформацію, що допомагає в оцінці, підборі та навчанні персоналу, що в свою чергу дозволяє приймати об'єктивні кадрові рішення.

Роль методу спостереження в тому, що саме завдяки йому відбувається аналіз працівників колективу: встановлюється місце співробітників, виявляються лідери.

Співбесіда – важливий метод, що застосовується, як правило, при прийомі на роботу. Такий метод допомагає підібрати потрібних кадрів, які б відповідали інтересам й запитам підприємства.

Підтримка сприятливого морального клімату в колективі є запорукою вмотивованості працівників, розгортання здорової конкуренції та досягнення психологічної єдності колективу.

Соціальні методи управління персоналом дозволяють забезпечити ефективне функціонування колективу відповідно до потреб підприємства, встановити роль працівника, забезпечити його всебічну підтримку, виявити відповідні якості.

До психологічних методів управління належать вимога, засудження, заборона, комплімент, навіювання, натяк, обурення, осуд, переконання, особистий приклад, прохання, похвала, примус.

Психологічні методи управління персоналом використовуються з метою направлення внутрішнього потенціалу працівника на вирішення завдань організації.

Ще одним важливим моментом, який варто відмітити при розгляді психологічних методів управління персоналом, є необхідність моральної мотивації працівників. Вона виражається у впевненості працівників у суспільній користі їх роботи, її престижності та позитивного образу співробітника організації.

При використанні соціально-психологічних методів включаються механізми трудової мотивації, не пов'язані із задоволенням матеріальних потреб, що допомагає впливати на формування у працівників мотивів до високопродуктивної праці в результаті розвитку ініціативи та підприємливості [4, с. 123].

Важливість соціально-психологічних методів для підприємства обумовлена:

- необхідністю таких методів управління, які засновані на обліку інтересів колективу та не пригнічують працівників як особистість, викликають зростання творчої активності персоналу;

- розвитком демократичних засад в управлінні;

- тим, що в деяких організаціях значна частина колективів є не тільки найманими працівниками, але одночасно і акціонерами організації, що призводить до необхідності наповнення адміністративних і економічних методів методами соціально-психологічного впливу [5, с. 208].

Але існують і певні недоліки соціально-психологічних методів. Такі недоліки пов'язані з тим, що вказані методи носять непрямий характер управлінської дії. Неможливо розраховувати на їх автоматичну дію, а також достатньо важко визначити силу їх дії на кінцевий ефект [6, с. 23]. Тому все ж для того, щоб досягти бажаного результату функціонування підприємства, важливо використовувати економічні, адміністративні й соціально-економічні методи в комплексі.

У висновку можна зазначити, що важливість ролі соціально-психологічних методів в управлінні персоналом полягає у забезпеченні за допомогою них належного функціонування колективу, направленні потенціалу робітників на потреби підприємства, а також здійсненні впливу на внутрішній стан як окремих працівників, їх мотивацію до виконання трудових обов'язків, так і на ситуацію в колективі в цілому, що безпосередньо впливає на кінцеві результати функціонування підприємства.

#### Список посилань

1. Храмов В.О. Основи управління персоналом: навч.-метод. Посіб / В.О. Храмов, А.П. Бовтрук – Київ: МАУП, 2001. – 109 с.
2. Кибанов А.Я. Управление персоналом организации: учебник / А.Я. Кибанов – Москва: ИНФРА, 1997. – 512 с.
3. Церковна А. В., Харламова В. В., Використання соціально-психологічних методів управління персоналом. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*. 2017. – №3, т.16. – С. 222-237.
4. Харун О.А. Класифікація методів управління трудовим потенціалом промислових підприємств / О.А. Харун // Науковий вісник. Ужгородського національного університету. – 2016. – №10. – С. 121-125.
5. Чхейло А.А. Аналіз сучасних соціально-психологічних методів управління персоналом / А.А. Чхейло, І.А.Ткаченко // Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. – 2020. – №16. – С. 203-213.
6. Рульєв В.А. Управление персоналом: навч. посіб. / В.А. Рульєв, С.О. Гуткевич, Т.Л. Мостенська – Київ: КОНДОР, 2012. – 324 с.

УДК 331.45

Сторожук В.М., канд. техн. наук, доцент,  
Ференц О.Б., канд. техн. наук, доцент,  
Сомар Г.В., канд. техн. наук, доцент,  
Соколовський І.А., канд. техн. наук, доцент,

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, [viktor.storozhuk@nltu.edu.ua](mailto:viktor.storozhuk@nltu.edu.ua)

## ДЕКЛАРУВАННЯ СПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ЕКСПЛУАТУВАТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ

Основними технологічними транспортними засобами, які експлуатуються на багатьох підприємствах, є навантажувачі (автонавантажувачі, електронавантажувачі), що використовуються для навантаження, розвантаження та штабелювання вантажів.

Законодавством України передбачено низку організаційно-технічних заходів, виконання яких передусє введенню в експлуатацію технологічних транспортних засобів.

На підприємстві навантажувачі в експлуатацію приймаються комісією підприємства з оформленням акту перевірки технічного стану та комплектності машини за результатами оцінювання наявності сертифікатів відповідності, комплектності і технічного стану машини, як за експлуатаційною документацією, так і за результатами зовнішнього огляду, випробування на холостому ходу та під навантаженням.

Вводяться в експлуатацію навантажувачі наказом по підприємству, а також призначаються відповідальні особи (за організацію експлуатації машин, за технічний стан та експлуатацію машин, за організацію безпечного виконання робіт) та закріплюється за навантажувачами експлуатаційний і ремонтний персонал.

До експлуатації допускаються навантажувачі, які прийняті комісією підприємства, взяті на облік в установленому порядку, пройшли державний технічний огляд і мають державну реєстрацію.

Реєстрація навантажувачів здійснюється, зокрема, територіальними управліннями Держпраці України згідно Порядку відомчої реєстрації та ведення обліку великотоннажних та інших технологічних транспортних засобів [1].

Перед реєстрацією кожного транспортно-технологічного засобу проводиться його державний технічний огляд, про що складається відповідний акт і видається талон.

Реєстрація навантажувачів здійснюється на підставі зазначених документів, а також:

- документів, що підтверджують правомірність придбання технологічного транспортного засобу;
- наказу про призначення посадової особи, відповідальної за безпечну експлуатацію та технічний стан технологічного транспортного засобу;
- експлуатаційної документації;
- документів, що підтверджують оплату вартості бланків, номерних знаків, виданих під час реєстрації, та послуг за проведення технічного огляду;
- сертифіката відповідності, свідоцтва про визнання відповідності, декларації про відповідність для технологічного транспортного засобу, на який розповсюджуються відповідні вимоги.

Крім того, враховуючи, що навантажувачі (технологічні транспортні засоби) належать до устаткування підвищеної небезпеки, оскільки зазначені в Переліку машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки (група Б) [2], перед початком їх експлуатації підприємству необхідно пройти відповідні дозвільні процедури.

Так, відповідно до п. 21 Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки [3] експлуатація (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної

небезпеки, зазначених у групі Б Переліку машин [2], здійснюється на підставі декларації відповідності матеріально-технічної бази вимогам законодавства з питань охорони праці.

В Декларації відповідності зазначається інформація:

- відомості про роботодавця;
- місце експлуатації (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки;
- інформація про наявність договору страхування цивільної відповідальності перед третіми особами стосовно відшкодування наслідків можливої шкоди (найменування страхової компанії, строк дії страхового поліса, номер і дата видачі) – у разі добровільного страхування (за відсутності – зазначається «договір не вимагається»);
- найменування виду машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, тип або марка (за наявності), які експлуатують (застосовують) без отримання відповідного дозволу – *наприклад*, «великотоннажний та інший технологічний транспортний засіб, визначений підпунктом 1 пункту 2 Порядку відомчої реєстрації та ведення обліку великотоннажних та інших технологічних транспортних засобів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 січня 2010 р. №8 – електронавантажувач марки TOYOTA моделі 8FBET20»;
- номер і дата висновку за результатами проведеного аудиту про дотримання вимог законодавства про охорону праці під час експлуатації заявлених машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки – може бути проведено внутрішній аудит, оскільки на проведення аудиту про дотримання законодавства про охорону праці отримувати документ дозвільного або декларативного характеру не передбачено.

Роботодавець подає декларацію (не пізніше ніж за п'ять робочих днів до початку експлуатації навантажувача) – надсилає поштою до адміністратора центру надання адміністративних послуг у паперовій формі або в електронній формі через Єдиний державний вебпортал електронних послуг, зокрема через інтегровану з ним інформаційну систему Держпраці.

Територіальний орган Держпраці реєструє декларацію (на безоплатній основі) впродовж п'яти робочих днів; відмова в реєстрації декларації не допускається. Проте, документи можуть бути повернені (протягом п'яти робочих днів) без розгляду у разі незаповнення полів форми декларації чи зазначення машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, які не відповідають вимогам, встановленим Порядком видачі дозволів [3] та Переліком машин [2].

Суб'єкт господарювання несе відповідальність, згідно законодавства України, за подання дозвільному органу або державному адміністратору недостовірної інформації про відповідність матеріально-технічної бази вимогам законодавства.

Зареєстрована Декларація відповідності є підтвердженням спроможності суб'єкта господарювання забезпечити справний технічний стан та безпечну експлуатацію технологічного транспортного засобу.

#### Список посилань

1. Про затвердження Порядку відомчої реєстрації та ведення обліку великотоннажних та інших технологічних транспортних засобів // Постанова Кабінету міністрів України від 6 січня 2010 р. №8 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/8-2010-%D0%BF#Text>
2. Про затвердження переліку машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України // Постанова Кабінету міністрів України від 3 лютого 2021 р. № 77 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/77-2021-%D0%BF#Text>
3. Про затвердження Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки // Постанова Кабінету міністрів України від 26 жовтня 2011 р. № 1107 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1107-2011-%D0%BF#Text>

УДК 330

Карпова І.Г., канд. пед. наук, доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка», [irina.karpova.1962@ukr.net](mailto:irina.karpova.1962@ukr.net)

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ “ГРОМАДЯНСЬКОЇ ОСВІТИ” У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

В Україні триває війна, що зробила ряд викликів як українському народу, так і світовій спільноті в цілому, але, разом із тим, продемонструвала всьому світу незламність українців, їх готовність силою зброї, патріотизму, згуртованості, взаємодопомоги захищати рідну землю від посягань російського агресора. Саме тому громадянська освіта дітей та молоді як ніколи виступає важливим державним, політичним і соціально-педагогічним завданням, адже дозволяє сформувати активного, відповідального громадянина, справжнього патріота своєї Батьківщини.

Слід зазначити, що питанню громадянської освіти населення приділяють значну увагу українські дослідники, представники органів державної центральної і місцевої влади, громадські організації.

Достатня увага цьому питанню приділена українським законодавством. Це відповідні статті Конституції, Закон України “Про освіту”, Укази Президента України “Про пріоритетні заходи по сприянню зміцнення національної єдності і консолідації українського суспільства, підтримку ініціатив громадськості у цій сфері”, “План заходів по зміцненню національної єдності і консолідації українського суспільства, підтримку ініціатив громадськості у цій сфері”, Національна стратегія сприяння розвитку громадянського суспільства на 2016-2020 рік, Стратегія національно-патріотичного виховання дітей і молоді на 2016-2020 рік, Національна стратегія в області прав людини, Концепція розвитку громадянської освіти в Україні (2018 р.) та ін.

Зокрема, згідно положень Концепції громадянська освіта базується на необхідності створення сприятливих умов для формування і розвитку громадянських компетентностей людини у всіх сферах і рівнях освіти, що, у свою чергу, створить умови для громадян краще розуміти й реалізовувати свої права в умовах демократії, відповідально відноситись до своїх прав і обов’язків, брати активну участь у соціально-політичних процесах, а також усвідомлено забезпечувати захист, утвердження і розвиток демократії.

Дотична до проблем громадянської освіти молоді й наукова спільнота. Українські вчені (Н. Амелюченко, Я. Боренько, І. Галактіонова, М. Іванов, В. Кремінь, М.Карпенко та ін.) здійснюють аналіз нормативно-правової бази, пов’язаної з питаннями громадянської освіти, досліджують нові освітні стратегії і розробляють відповідні програми, проводять соціологічні дослідження, спрямовані на створення та удосконалення законодавчої бази, створення ефективної системи громадянської освіти.

Громадянська освіта в Україні розглядається як навчання і громадянське виховання на основі національних і загальнолюдських цінностей упродовж життя, але, разом із тим, це не просто навчальна дисципліна, а, без перебільшення – стратегічна перспектива виховання і розвитку українських громадян, що повинна здійснюватися в умовах формальної, неформальної та інформальної освіти упродовж всього життя людини, у всіх формах структури освіти – дошкільній, повній середній шкільній, позашкільній, спеціалізованій, вищій, післядипломній. Відповідно до форми структури освіти системно мають розроблятися і реалізовуватися програми громадянської освіти, підбиратися, з урахуванням віку особи, форми та методи її здійснення.

Так, на перших етапах життя дитини її вчать основам самоідентифікації, усвідомленню приналежності до української нації; у шкільному віці формується здатність брати участь в житті колективу, починає формуватись активна життєва позиція.

Особливого значення у здійсненні громадянської освіти, становленні громадянської самоідентифікації молодшої людини на більш високому рівні набуває етап навчання у закладі вищої освіти. На цьому етапі відбувається формування загальних компетентностей, передбачених стандартами вищої освіти для кожної спеціальності, серед яких – формування здатності у молодих людей зберігати й примножувати моральні, культурні, наукові цінності, досягнення суспільства, навичок ведення здорового способу життя й активного відпочинку. Особливого значення набуває формування здатності у молодих людей реалізовувати свої права і обов'язки як членів суспільства, усвідомлювати його цінності, необхідність його стабільного розвитку, розуміння верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

Ідея впровадження та розробка курсу громадянської освіти в Україні виникла і почала здійснюватися на початку ХХІ століття за підтримки міжнародних проєктів. Згодом українські фахівці Інституту громадянської освіти розробили курс “Основи громадянської освіти”, були видані підручники для школярів старших класів та здобувачів вищої освіти.

При вивченні у вищих навчальній дисципліні “Громадянська освіта” активно використовується навчально-науковий і виховний потенціал як лекційних та семінарсько-практичних занять, так і різних форм позааудиторної роботи.

Здобувачі вищої освіти набувають необхідних навичок громадянської активності, громадської роботи, проходячи он-лайн курси на платформі Prometheus, наприклад, такі як “Взаємодія органів державної влади з громадськістю”, “Культура толерантності: як побудувати суспільство, комфортне для усіх”, “Логіко-структурний підхід при розробці проєктної заявки” та ін.; виступаючи з презентаціями з різних питань громадянської освіти; беручи участь у різноманітних блог-кафе, тренінгах, семінарах; ну і, звичайно, розробляючи і впроваджуючи у життя різноманітні наукові проєкти, а також проєкти, спрямовані на поліпшення якості життя своїх місцевих громад (для прикладу, проєкти Бюджету участі).

З огляду на сучасні реалії України вважаємо доцільним ввести у навчальні програми дисципліни, й, відповідно, робочі навчальні програми теми, пов'язані із більш поглибленим вивченням міжнародного законодавства із захисту миру і безпеки, прав біженців і внутрішньоопереміщених осіб, соціально-правового захисту прав дітей, вразливих верств населення, захисту життя, здоров'я, політичних прав і свобод українців в умовах війни та ін.

Таким чином, стратегія громадянської освіти в Україні має носити системний характер, оперативно реагувати на виклики сьогодення і бути спрямованою на те, щоб упродовж усього життя кожен громадянин мав можливість для якомога повнішої реалізації своїх прав і обов'язків, творчих можливостей на благо суспільства.

#### Список посилань

1. Проект стратегії громадянської освіти в Україні до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-proponuye-dlya-gromadskogo-obgovorenniya-proyekt-strategiyi-rozvitku-gromadyanskoyi-osviti-na-period-do-2030-roku-ta-plan-zahodiv-shodo-yiyirealizaciyi>
2. Розпорядження КМУ “Про схвалення концепції розвитку громадянської освіти в Україні” від 3 жовтня 2018 року. N 710-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/KR180710.html03.10.2018 p. №710-p](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR180710.html03.10.2018 p. №710-p)
3. Удосконалення нормативно-правової бази створення системи громадянської освіти в Україні. Центр Разумкова, 2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://razumkov.org.ua/uploads/article/2020\\_polit\\_osvita.pdf](https://razumkov.org.ua/uploads/article/2020_polit_osvita.pdf)

УДК 005.95/.96 - 364.6

Древаль Ю.Д., докт. наук. з держ. упр., професор

Резніченко Г.М., ст. викладач

Національний університет цивільного захисту України, м Харків, [drevaly@ukr.net](mailto:drevaly@ukr.net)

Мітюк Л.О., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,

[luda2010703@gmail.com](mailto:luda2010703@gmail.com)

## СУТНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРИ ОХОРОНИ ПРАЦІ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Культура у загальному розумінні – це сукупність матеріальних і духовних цінностей, створених людством упродовж його історії. Культурою праці також у загальному розумінні має вважатися і складова частина як складова частина ділової культури та ринку праці, і як культурний рівень працівника, його освіченість, професіоналізм, компетентність, дисциплінованість та охайність у процесі трудової діяльності тощо [1]. Культуру ж охорони праці, з урахуванням відсутності загальноприйнятих підходів до термінологічного трактування даного поняття, слід визначити як усвідомлене відношення працівника до виконання власних професійних обов’язків у процесі трудової діяльності, яке базується на розумінні важливості заходів з безпеки і гігієни праці, спрямованих на забезпечення життя і здоров’я всіх учасників трудового процесу [2].

Загальні приписи з охорони праці містяться в нормативно-правових актах України, насамперед в Законі України «Про охорону праці» та Кодексі законів про працю України. Більш детальне регламентування прав і обов’язків посадових осіб в окресленій сфері соціально-трудових відносин містяться в підзаконних актах. Для нашого предмета дослідження це, насамперед, Положення про організацію роботи з охорони праці та безпеки життєдіяльності учасників освітнього процесу в установах і закладах освіти, затверджене наказом Міністерства освіти і науки України від 26.12.2017 р. № 1669 (далі в тексті – Положення).

У даному Положенні чітко сформульовано права та обов’язки посадових осіб у сфері охорони праці та безпеки життєдіяльності, зокрема керівника закладу освіти (ректора, директора, завідувача); заступник керівника (проректора, заступника директора, завідувача); декана факультету; завідувача кафедри; завідувача кабінету, лабораторії, майстерні, навчально-виробничої майстерні, старшого майстра, майстра виробничого навчання; викладача, учителя, класовода, куратора групи, класного керівника, вихователя.

Природно, що їхні права та обов’язки загалом стосуються організації роботи з охорони праці та безпеки життєдіяльності учасників освітнього процесу (про що, до речі, переконливо свідчить і назва даного положення). Утім, деякі аспекти організаційного процесу в окресленій сфері відносин безпосередньо стосуються і культури охорони праці. Так, ректор окрім іншого організовує профілактичну роботу щодо попередження травматизму і зниження захворюваності серед здобувачів освіти та працівників закладів освіти; забезпечує навчання з питань охорони праці, безпеки життєдіяльності здобувачів освіти та працівників закладів освіти відповідно до законодавства і цього Положення. Викладач окрім іншого проводить профілактичну роботу щодо запобігання травматизму серед здобувачів освіти під час освітнього процесу; проводить профілактичну роботу серед здобувачів освіти щодо вимог особистої безпеки у побуті (дії у надзвичайних ситуаціях, дорожній рух, участь у масових заходах, перебування в громадських місцях, на об’єктах мережі торгівлі тощо)

При цьому слід взяти до відома і положення про те, що стан та розвиток культури охорони праці залежать не лише від суто формальних приписів та інструкцій, але і від загального соціокультурного рівня співробітників та розвиненості організаційної культури [3].

*Розглянемо один з психофізіологічних факторів.*

Відтак має йтися про використання комунікативного ресурсу у процесі внутрішньо групового та міжособистісного спілкування. Відомо ж, що міжособистісне спілкування – це процес предметної та інформаційної взаємодії між людьми, у якому формуються, конкретизуються, уточнюються і реалізуються їхні міжособистісні відносини (взаємовплив, сприйняття одне одного тощо) та виявляються психологічні особливості комунікативного потенціалу кожного індивіда [4].

За оцінкою О. Ворон [5], високий рівень комунікативної культури визначається наявністю у суб'єкта спілкування ряду особистісних якостей: емпатія – уміння сприймати почуття співрозмовника, емоційний стан іншої людини; доброзичливість – пошана, симпатія, уміння розуміти інших людей; автентичність – здатність бути самим собою під час спілкування з іншими людьми; ініціативність – вміння встановлювати контакти з іншими людьми, готовність вирішувати справи в ситуації, що вимагає активного втручання; ухвалення відчуття – уміння виражати свої відчуття і готовність приймати емоційну експресію з боку інших.

Робота викладача потребує значного вагомого емоційного ресурсу у спілкуванні з аудиторією. Необхідно бути сучасним, обізнаним, прогресивним, враховуючи вікові особливості, доброзичливим і водночас об'єктивно вимогливим. Викладачі мають не тільки давати знання, але й надихати, підтримувати та патріотично виховувати нашу українську молодь. Іноді за семестр необхідно спілкуватися з великою кількістю студентів, яких бажано пам'ятати в обличчя, а краще за ім'ям та прізвищем. Необхідно бути активним користувачем комунікативних соціальних платформ зв'язку, таких як фейсбук, інстаграмм, телеграм, ватсап та вайбер. Все це вимагає певної енергії, сил та часу.

#### **Список посилань.**

1. Древаль Ю.Д. Участь МОП у формуванні та вдосконаленні культури охорони праці / Ю.Д. Древаль // Соціально-трудові відносини: теорія та практика: зб. наук. праць. – 2016. – № 2 (12). – С. 58-66.
2. Древаль Ю.Д. Формування превентивної культури охорони праці в закладах освіти / Ю.Д. Древаль, Я.О. Сичікова // Наук. зап. [Кіровоградського держ. педагог. у-ту імені Володимира Винниченка]. – 2016. – № 9. Ч. 1. – С. 212-218.
3. Древаль Ю.Д. Проблематика організаційних конфліктів / Ю.Д. Древаль, Л.М. Лінецький // Вісник Харківського нац. технічного ун-ту сільського госп-ва імені Петра Василенка. – 2017. – №182. – С. 59-68.
4. Орбан-Лембрик Л. Е. Соціальна психологія : підручник : у 2-х кн. / Л.Е. Орбан-Лембрик – К.: Либідь, 2006. – Кн. 1. – 560 с.
5. Ворон О. Комунікативна культура як основа професійної діяльності педагогічних працівників / О. Ворон // Нова педагогічна думка. – 2013. – № 2. – С. 30-35.

*УДК*

**Букатіна В.О., студентка,  
Шестак Л.В., канд. юр. наук, доцент,  
Національний університет «Чернігівська політехніка», [viktoriay642@gmail.com](mailto:viktoriay642@gmail.com)**

### **ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ СТРОКІВ РОЗГЛЯДУ СПРАВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З КОРУПЦІЄЮ**

Сучасний розвиток української державності позиціонує корупцію як ключову загрозу національній безпеці та одну із найбільших перешкод на шляху розвитку країни. Корупція виступає основною перешкодою для підвищення рівня життя населення, розвитку економіки, становлення громадянського суспільства, боротьби з організованою злочинністю. Подолання корупції є серйозною проблемою, яка визначає міжнародне

становище нашої держави та політичний імідж у світі. У протидії та подоланні корупції важливу роль у нашій країні відведено адміністративному законодавству.

Корупційні правопорушення завжди впливають на суспільство й державу, руйнують їх життєдіяльність, дискредитуючи авторитет державного апарату, руйнують основні принципи, на які спирається будь-яка держава. Корупція завдає державі не тільки економічної, а й політичної шкоди, тому будь-які економічні і соціальні програми держави просто втрачають значення, а результативність будь-яких управлінських рішень зводиться нанівець [4].

Слід зазначити, що поняття корупції закріплено у Законі України від 14 жовтня 2014 р. № 1700-VII «Про запобігання корупції». Так, відповідно до ст. 1 цього Закону, корупція - це «використання особою, зазначеною у частині першій статті 3 цього Закону, наданих їй службових повноважень чи пов'язаних з ними можливостей з метою одержання неправомірної вигоди або прийняття такої вигоди чи прийняття обіцянки/пропозиції такої вигоди для себе чи інших осіб або відповідно обіцянка/пропозиція чи надання неправомірної вигоди особі, зазначеній у частині першій статті 3 цього Закону, або на її вимогу іншим фізичним чи юридичним особам з метою схилити цю особу до протиправного використання наданих їй службових повноважень чи пов'язаних з ними можливостей» [5].

Безпосередньо адміністративна відповідальність за адміністративні правопорушення, пов'язані з корупцією, встановлена главою 13-А Кодексу України про адміністративні правопорушення (далі КУпАП) – «Адміністративні правопорушення, пов'язані з корупцією» [3].

Резолюція Комітету міністрів Ради Європи «Про двадцять принципів боротьби з корупцією» радить гарантувати визнання національної та міжнародної корупції кримінальною [6]. Тому в перспективі відповідальність за найбільш суспільно небезпечні корупційні діяння повинна бути лише кримінальною, а не адміністративною. Слід прискорити реформу КУпАП, бо без цього реформування правової системи України залишається незавершеним, триватимуть колізії у законодавстві [2].

Згідно із дослідженням Індексу сприйняття корупції Corruption Perceptions Index, CPI, проведеним у 2021 році міжнародною організацією Transparency International, Україна у щорічному рейтингу країн за рівнем корумпованості отримала 32 бали зі 100 можливих. Як зазначає організація Transparency International, з огляду на 10-річну ретроспективу цей показник свідчить про «застій» у боротьбі з корупцією [1]. Тому очевидно, що поняття «строки притягнення до адміністративної відповідальності за порушення, пов'язані з корупцією» варте окремої уваги.

Законодавство надає спеціально уповноваженим суб'єктам у сфері боротьби з корупцією (Національному агентству з питань запобігання корупції, поліції, органам прокуратури, судам) доволі комфортні строки для притягнення до відповідальності осіб, які вчинили порушення, пов'язане з корупцією. Проте уповноваженим чомусь завжди бракує часу на виконання прямих обов'язків – складання відповідних протоколів про адміністративне правопорушення, пов'язане з корупцією, – і вони вдаються до вільного тлумачення статі 38 КУпАП [4].

Так відповідно до частини третьої статті 38 КУпАП: «Адміністративне стягнення за вчинення правопорушення, пов'язаного з корупцією, а також правопорушень, передбачених статтями 164-14, 212-15, 212-21 КУпАП, може бути накладено протягом трьох місяців з дня його виявлення, але не пізніше двох років з дня його вчинення» [3].

І тут можна вбачити гру словами: «протягом трьох місяців з дня його виявлення»: посадові особи Національного агентства з питань запобігання корупції, Національної поліції, органів прокуратури вважають моментом виявлення правопорушення, пов'язаного з корупцією дату складання протоколу про вчинення адміністративного правопорушення.

Таке розуміння змісту статі 38 КУпАП дозволяє посадовим особам, уповноваженим на складання адмінпротоколів, одночасно зловживати і нехтувати своїми посадовими обов'язками, в частині належного та вчасного розгляду інформації про факт вчинення порушення, пов'язаного з корупцією. Подібні дії породжують корупційні ризики у діяльності самих «уповноважених осіб – борців з корупцією», оскільки створюють умови для зловживання своїми правами.

Тому посадові особи, уповноважені на складання адмінпротоколів, суд, адвокат та особа, яка вчинила адміністративне правопорушення, мають чітко розуміти, що є моментом виявлення адміністративного правопорушення.

Прихильники позиції, що моментом виявлення порушення, пов'язаного з корупцією, є дата складання адмінпротоколу, – зауважують, що законодавче обмеження строків збору документів, складання адмінпротоколу та розгляду цього протоколу судом є перешкодою для притягнення «корупціонера» до відповідальності (оскільки 90 днів замало для такої роботи) [4].

Водночас статтею 277 КУпАП визначено: «Справа про адміністративне правопорушення розглядається у п'ятнадцятиденний строк з дня одержання органом (посадовою особою), правомочним розглядати справу, протоколу про адміністративне правопорушення та інших матеріалів справи» [3].

Строк розгляду адміністративних справ про адміністративні корупційні правопорушення зупиняється судом у разі якщо особа, щодо якої складено протокол про адміністративне корупційне правопорушення, умисно ухиляється від явки до суду або з поважних причин не може туди з'явитися (хвороба, перебування у відрядженні чи на лікуванні, у відпустці тощо)».

Керуючись принципом верховенства права варто наголосити, що моментом виявлення порушення, пов'язаного з корупцією є момент отримання інформації про таке порушення уповноваженими (особою чи органом державної влади). При цьому складання адміністративного протоколу про вчинення порушення, пов'язаного з корупцією – є лише окремою процесуальною дією, вчиненою на підставі виявленого факту порушення, пов'язаного з корупцією (факт виявлення порушення – це окрема подія, яка завжди передусе складанням протоколу про вчинення порушення).

Тобто, якщо до Національного агентства, національної поліції чи органів прокуратури надійшло повідомлення про вчинення особою порушення, пов'язаного з корупцією, – то моментом виявлення порушення є час надходження цього повідомлення до відповідного уповноваженого органу, а якщо ідентичні повідомлення надійшли до різних органів, чи посадових осіб, уповноважених складати такі протоколи, – моментом виявлення вважається перше (за часом отримання) надходження такого повідомлення до уповноваженого органу чи особи.

Показово, що жодного працівника Національного агентства з питань запобігання корупції не притягнуто до відповідальності за порушення строків, встановлених статтею 38 КУпАП (попри численні факти порушення строків притягнення до адміністративної відповідальності осіб, які вчинили порушення, пов'язані з корупцією) [4]. Тому варто внести корективи до статті 38 КУпАП, де чітко зазначити, що моментом виявлення порушення, пов'язаного з корупцією – є час/момент отримання інформації про виявлене правопорушення (не дата складання протоколу!).

Процесуальні та інші порушення відповідних органів дозволять оскаржити рішення про притягнення до відповідальності за порушення, пов'язане з корупцією, як в національних так і в Європейському суді з прав людини. Тому лише бездоганне дотримання законодавства посадовими особами, уповноваженими на боротьбу з корупцією, дозволить правомірно притягти порушника антикорупційного законодавства до відповідальності і не дасть йому шансу оскаржити таке притягнення у суді вищого рівня.

### Список посилань

1. Індекс сприйняття корупції – 2021. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ti-ukraine.org/research/indeks-spryjnyattya-koruptsiyi-2021/>
2. Клімова С., Крайник Г., Ніколайчук С., Роздайбіда А. Антикорупційні засади діяльності органів влади: наук.-практ. посіб. / за заг. наук. ред. А. В. Роздайбіди. 2-ге вид., перероб. та допов. Х., 2014. – 364 с.
3. Кодекс України про адміністративні правопорушення від 7 грудня 1984 року № 8073-X (зі змінами та доповненнями). Відомості Верховної Ради Української РСР. 1984.
4. Настюк В.Я., Крайник Г. С. Проблеми адміністративної та кримінальної відповідальності за корупційні правопорушення в Україні. Право України. 2015. № 12. С. 48-57.
5. Про запобігання корупції: Закон України від 14 жовтня 2014 р. № 1700-VII. Відомості Верховної Ради України. 2014. – №49. – С. 2056.
6. Резолюція (97) 24 Комітету міністрів Ради Європи «Про двадцять принципів боротьби з корупцією. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/card/994\\_845](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/card/994_845)

УДК 341:347.65

Барабаш А.Г., канд. юр. наук, доцент  
Сурай А.О., студентка

Національний університет «Чернігівська політехніка», [alla.barabash.73@gmail.com](mailto:alla.barabash.73@gmail.com)

## ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ СТЯГНЕННЯ АЛІМЕНТІВ У МІЖНАРОДНОМУ ПРИВАТНОМУ ПРАВІ

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день шлюби за участі іноземного елемента є звичайним явищем. Добре, якщо такий шлюб видається щасливим, але часто різниця у менталітеті, звичаях, релігії, побутові негаразди призводять до розірвання міжнародного шлюбу. Якщо у шлюбі народилися діти, подружжя зіштовхується не лише з проблемою розподілу обов'язків по їх утриманню, але й додатково виникає питання обрання сімейного законодавства, яке буде регулювати стягнення аліментів.

Міграція жінок та дітей, зумовлена воєнними діями на території України, може призвести до виникнення ще більшої кількості зобов'язань по сплаті аліментів на користь дитини, яка знаходиться за кордоном. Звідси проблема стягнення аліментів у міжнародному приватному праві вбачається надзвичайно актуальною.

**Мета дослідження** полягає у визначенні правових аспектів регулювання стягнення аліментів за кордоном.

**Виклад основного матеріалу.** Термін «аліменти» походить від латинського «alimentum» – годування, утримання. На наш погляд, під аліментами слід розуміти певну суму коштів, яку один із членів сім'ї (колишніх членів сім'ї) зобов'язаний сплачувати на користь іншого члена сім'ї. Аліменти можуть сплачуватись одним із подружжя на користь – іншого, повнолітньої дитиною на користь батьків тощо. Найчастіше обов'язок сплачувати аліменти виникає у одного з батьків на користь неповнолітньої дитини, яка проживає з іншим із батьків.

Аліментні зобов'язання в міжнародному приватному праві – це зобов'язання особливого роду, що виникають на основі внутрішнього сімейного законодавства, положень міжнародно-правових актів і характеризуються складним суб'єктним складом та елементами публічності. Складність суб'єктного складу зумовлена наявністю іноземного елемента, тобто платником або одержувачем аліментів є іноземець.

Правове регулювання зобов'язань щодо утримання здійснюється згідно з нормами Закону України «Про міжнародне приватне право» та нормами міжнародних конвенцій. У ст. 67 вищевказаного Закону викладене основне правило колізійного регулювання виплати аліментів: зобов'язання щодо утримання, які виникають із сімейних відносин, крім

випадків, передбачених ст. 66 цього Закону, регулюються правом держави, у якій має місце проживання особа, яка має право на утримання. Отже, застосовується колізійна прив'язка *lexdomicilii*. Виняток встановлюється ст. 67 Закону України «Про міжнародне приватне право»: права та обов'язки батьків і дітей визначаються особистим законом дитини або правом, яке має тісний зв'язок із відповідними відносинами і якщо воно є більш сприятливим для дитини. З цієї норми слідує, що для врегулювання сплати аліментів може застосовуватись і право держави, громадянином якої є дитина *lexnationalis*; і право, яке має найбільш тісний зв'язок *properlaw*. Колізійна прив'язка *properlaw* застосовується за умови, що право відповідної держави є більш сприятливим для дитини, на відміну від, скажімо, закону громадянства дитини.

Важливий вплив у регулюванні аліментних зобов'язань відіграють міжнародні конвенції, а саме: Конвенція про стягнення аліментів за кордоном від 20 червня 1956 р., Конвенція про визнання та виконання рішень стосовно зобов'язань про утримання від 2 жовтня 1973 р., Конвенція про міжнародне стягнення аліментів на дітей та інших видів сімейного утримання від 23 листопада 2007 р.

Метою Конвенції про стягнення аліментів за кордоном від 20 червня 1956 року є спрощення стягнення аліментів, на які особа (позивач), яка перебуває на території однієї з Договірних Сторін, вимагає свого права, з іншої особи (відповідач) підпадає під юрисдикцію іншої Договірної Сторони [1].

Метою прийняття Конвенції про визнання та виконання рішень стосовно зобов'язань про утримання від 2 жовтня 1973 р. є бажання сторін встановити спільні положення для врегулювання взаємного визнання та виконання рішень стосовно зобов'язань про утримання щодо повнолітніх; бажання узгодити ці положення та положення Конвенції про визнання та виконання рішень стосовно зобов'язань про утримання щодо дітей від 15 квітня 1958 року [2].

Конвенція про міжнародне стягнення аліментів на дітей та інших видів сімейного утримання від 23 листопада 2011 р. регулює питання адміністративного співробітництва держав у її реалізації. Ця Конвенція має замінити вже існуючі конвенції у сфері зобов'язань про утримання, а саме Гаазьку Конвенцію про визнання і виконання рішень стосовно зобов'язань про утримання від 2 жовтня 1973 року, Гаазьку Конвенцію про визнання і виконання рішень стосовно зобов'язань про утримання дітей від 15 квітня 1958 року і навіть Конвенцію про стягнення аліментів за кордоном 1956 року, про що власне йдеться у статтях 48 і 49 Конвенції про міжнародне стягнення аліментів на дітей та інших видів сімейного утримання [3].

Більшість конвенцій, що стосуються регулювання аліментних зобов'язань у міжнародному приватному праві, передбачають можливість одержувача аліментів або його представників додатково звертатися за допомогою до інших компетентних державних органів для сприяння вирішенню проблеми аліментів, міжнародних судів та громадських організацій.

**Висновки.** Регулювання аліментних зобов'язань за участю іноземного елементу здійснюється двома способами: колізійним та матеріально-правовим. Прийняття рішення про сплату аліментів потребує ретельного підходу з урахуванням особливостей національної правової системи, міжнародних актів та обставин конкретної справи.

#### Список посилань

1. Конвенція про стягнення аліментів за кордоном від 20 червня 1956 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995\\_425](http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995_425)
2. Конвенція про визнання та виконання рішень стосовно зобов'язань про утримання від 2 жовтня 1973 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/973\\_00](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/973_00)

3. Конвенція про міжнародне стягнення аліментів на дітей та інших видів сімейного утримання від 23 листопада 2011 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_112](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_112)

УДК 316.614

Москаленко В.В., докт. філос. наук, професор,

Інститут психології імені Г.С. Костюка НАПН України, м. Київ, [moskavv@ukr.net](mailto:moskavv@ukr.net)

## ІДЕНТИЧНІСТЬ ОСОБИСТОСТІ ЯК СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ПОВЕДІНКИ У ЗМІНЕНІЙ СИТУАЦІЇ (СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД)

**Актуальність** проблеми, яка розглядається, зумовлено необхідністю визначення факторів, що впливають на збереження протягом тривалого часу високого рівня активності особистості в умовах кризових станів суспільства. Проблема полягає в тому, що в критичних ситуаціях особистість діє на високому емоційному підйомі проте пік цього підйому поступово зменшується в результаті звикання до ситуації. Виникає питання визначення факторів, що забезпечують послідовність поведінки особистості у змінній ситуації.

**Історія питання.** Існує чисельна література з дослідження поведінки людини у кризових ситуаціях. Найбільше цьому питанню присвячено праць науковців екзистенціального напрямку. Як правило, ця проблема розглядається в ракурсі відношення «людина – ситуація». Американський психолог Уолтер Мішел запропонував когнітивно-афективну модель забезпечення стабільності поведінки у змінній ситуації, у якій зміщується наголос з того, що людина має, на те, що вона робить у конкретній ситуації. Домінуюче місце в цій моделі посідають характеристики сприйняття людиною себе у конкретній ситуації, тобто йдеться про ідентичність особистості. Питання ідентичності особистості як фактору, що забезпечує послідовність її поведінки у змінній ситуації, яке поставлено У. Мішелем, залишається ще недостатньо розкритим. На нашу думку, більш детальне його дослідження можливе із застосуванням структурно-функціонального аналізу.

**Методологією** дослідження є структурно-функціональний аналіз, в ракурсі якого будь-який психологічний феномен можна розглядати як такий, що має певну конфігурацію структури, взаємодія компонентів якої визначається домінуванням певного компонента в умовах особливостей конкретної ситуації. З цих позицій конфігурація структурних компонентів ідентичності особистості визначається домінуванням конативного компоненту, який згідно з традиціями вітчизняної психології, об'єднаний з когнітивним та афективним компонентами в одну систему ідентичності особистості.

**Основна ідея** (мета) даного дослідження полягає у доведенні того, що завдяки домінуванню в структурі ідентичності особистості конативного компоненту забезпечується збереження послідовності її поведінки в різних ситуаціях: не тільки в умовах її загострення, але й звикання до неї.

**Об'єктом** дослідження визначено ідентичність особистості у змінній ситуації; **предметом** – визначення особливостей ідентичності як чинника послідовності поведінки особистості у змінній ситуації.

**Основний зміст.** Ідентичність як складний соціально-психологічний феномен, що характеризує особистість, досліджується в науці майже століття у різних ракурсах. Виявляючись у специфічному ціннісному відношенні до різних об'єктів або фрагментів світу, ідентичність забезпечує інтеграцію людини і світу у цілісну систему. У найбільш загальному визначенні ідентичність – це усвідомлення людиною свого власного «Я» та свого місця в суспільстві, на основі чого вона формує свою свідому поведінку. Оскільки ідентичність особистості завжди спрямована на ситуацію, то вона включає такі параметри

як: розуміння свого Я у певній ситуації, оцінювання змісту ситуації, значимості ситуації для Я особистості, мотиви дії у певній ситуації. Якщо виходити з традицій вітчизняної психології, то в моделі ідентичності особистості можна виділити такі компоненти як: когнітивний, афективний та конативний, конфігурація яких залежить від домінування одного з цих компонентів в умовах конкретної ситуації. Послідовність поведінки у змінній ситуації забезпечується завдяки домінуванню конативного компоненту в структурі ідентичності особистості.

Конативний компонент ідентичності особистості з позицій системного аналізу являє собою сукупність структурних одиниць - ментальних феноменів, в яких знаходять виявлення інтенції (лат. intention) як ментальні стимули дії: настанова, намір, спрямованість, вимога, прагнення, задум, мотив, усвідомлена воля до якоїсь дії, мета діяльності, прагнення, спонукка, інтереси, що визначають суб'єктивні критерії вибору та стимулювання поведінки, спрямованої на вирішення задачі в конкретній ситуації. Кожен ментальний феномен, що входить в систему конативного компоненту, набуває суттєвих змін у рамках цієї системи завдяки взаємозв'язкам з іншими її структурними одиницями, тобто конативний компонент конструється всією сукупністю його складових. Крім того, конативний компонент не може існувати і розвиватись поза цілісністю всієї системи ідентичності особистості, яка в реальності існує як єдність визначених нами трьох компонентів. Окрім цього, на конструювання конативного компоненту впливають ситуативні змінні, в які входять всі стимули, що отримає людина в певній ситуації. Вплив цих змінних може співвідноситись по-різному: може переважати то одна, то інша змінна. Вітчизняна дослідниця М.О. Холодна, аналізуючи особливості організації інтенційного досвіду, доводить, що інтенції визначають спрямованість та вибірковість індивідуальної інтелектуальної активності. В зв'язку з цим важливим інтенційним конструктом конативного компоненту ідентичності є конструкт «надання переваги», в якому об'єднуються такі феномени як цінності, інтереси, цілі, прихильність тощо, особливістю яких є чуттєва сторона, що здатна викликати або підтримувати у людини емоції.

**Висновки.** На основі аналізу змісту структурних компонентів ідентичності особистості можна побудувати модель забезпечення послідовності поведінки особистості у змінній ситуації, в якій функція забезпечення реалізується завдяки концепту «надання переваги» як структурної складової конативного компоненту ідентичності.

**Перспективою** подальшого дослідження є розкриття змісту та сутності концепту «надання переваги» та його місця у забезпеченні послідовності поведінки особистості у змінній ситуації.

УДК 340.12:340.15

Ліксман В.Ю., студент,  
Козинець О.Г., канд. іст. наук,

Національний університет «Чернігівська політехніка», [slavik.acount@gmail.com](mailto:slavik.acount@gmail.com)

## РЕФОРМИ КАРЛА МАРТЕЛЛА ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ РАННЬОФЕОДАЛЬНОГО СУСПІЛЬСТВА

На теренах Римської імперії від початку IV ст. починають осідати племена франків. Спочатку вони були на правах допоміжного війська основним завданням якого був захист кордонів імперії від набігів інших народів. Але поступово вони осідають на землі, збільшують контроль над територією Римської імперії і починають завойовницькі війни.

Так була утворена держав франків, яка за правління короля Хлодвіга значно розширилася. На початку VIII ст. королівська династія Меровінгів стала займати менш впливове місце в політичному житті Франкської держави. Королі почали втрачати свій вплив на населення, незважаючи на титул правителя країни. За слабкість і бездіяльність їх

називали «ледачими королями». Реальною владою поступово та впевнено почали володіти другі після короля особи у Франкській державі – майордоми. Одним із майордомів був Карл Мартелл – великий реформатор і майбутній «рятівник Європи».

Карл народився у 686 чи 688 році (точна дата невідома) в Ерсталі. Він був незаконнонародженим сином Піпіна Герістальського, який був майордомом Австразії. Перед смертю в 714 році Піпін призначив своїм наступником Карла, оскільки інших спадкоємців чоловічої статі він не мав. З цим рішенням була не згодна його дружина Плектруда, мачуха Карла, яка хотіла передати намісництво своїм онукам. Вона відіслала Карла у в'язницю, але йому вдалося втекти та залучити на свій бік франкську знать і заможних землевласників. Хитрістю та силою йому вдалося утвердитися в Австразії та в 715 р. домогтися посади королівського головного управителя – майордома. Своє прізвище Мартелл («молот, який нещадно разить ворога») Карл отримав після перемоги над арабським військом у битві при Пуатьє [1].

Для зміцнення своєї влади майордом вирішив змінити порядки в державі. Першою виявилася бенефіційна реформа Карла Мартелла, проведена у 30-ті роки VIII ст., здійснення якої було необхідним для зміцнення армії за рахунок створення кінноти. Бенефіцій – це довічне, але умовне володіння землею, котре надавалося за військову службу королю. Основні заходи цієї реформи зводились до таких дій:

- вперше в історії було здійснено секуляризацію, т.т. деякі земельні володіння відбиралися у церкви та монастирів на користь бенефіціаріїв (власників бенефіцію);
- земля надавалася не у приватну власність, а в умовне володіння;
- землі віддавалися разом із селянами, які вели на них господарство;
- бенефіціарій був зобов'язаний надати воїнів на службу на першу вимогу короля;
- утримання воїнів, купівля обмундирування, коней, зброї лягала на плечі землевласників, а не держави;
- у разі смерті бенефіціарія, його земля та обов'язки щодо утримання воїнів переходили до спадкоємця [2].

У цих пунктах був стратегічний успіх реформаторських ідей Карла Мартелла. Тактичні ж особливості ведення бойових дій, які, зокрема, допомогли франкам перемогти в битві при Пуатьє, полягали в тому, що після того, як стрій піхотинців відображав атаквальну хвилю легкої арабської кінноти, саме контратака важкої франкської кавалерії визначала хід бою і, як правило, приносила європейцям перемогу. При цьому, поряд із важкою бойовою кіннотою зберігалися і традиційні піхотні підрозділи.

Головною метою прийнятої військової реформи, її суттю, була необхідність у згуртуванні країни перед значною зовнішньою загрозою, створення боєздатної кавалерії та зміцнення піхотних формувань. Ще одним важливим аспектом, що підтверджує успіх проведених Карлом Мартеллом реформ, є те, що у майордома з'явилась надійна військова опора – створене ним франкське лицарство, яке надалі зробило його фактичним правителем усієї Франкської держави [2].

Також Карл Мартелл провів церковну реформу, значення якої полягало в секуляризації церковної землі та передачі її у власність держави. Секуляризація – це вилучення чогось із церковного, духовного відання та передача світському, цивільному. Секуляризація дозволила збільшити наділ світської влади. Саме ці конфісковані угіддя перейшли до тих, хто служив у армії. У церкви забрали лише надлишки, наприклад, угіддя монастирів залишилися осторонь поділу.

Результатом реформ Карла Мартелла стали тимчасове посилення центральної влади, відбиття нападів зовнішніх ворогів, стабілізація ситуації всередині держави, завойовницькі походи до сусідніх країн і складання відносин сюзеренітету-васалітету [3, с. 65].

Значення реформ Карла Мартелла полягає не тільки в тому, що вони підвищили зростання феодального землеволодіння, а й дали поштовх до утворення особливої системи

підпорядкування феодалів (між сеньйором і васалом існували договірні відносини (обов'язок військової служби)). Окрім правителя держави бенефіції почали роздавати й найбагатші феодали, таким чином отримуючи своїх васалів. Відбулося посилення військової, судової та фінансової влади окремих сеньйорів над селянами, які жили на їхніх землях. Це вело до збільшення так званих імунітетних прав сеньйорів (на володіння феодала, який отримав імунітетну грамоту короля, не поширювалася діяльність державних посадових осіб, проте всі державні повноваження передавалися власнику маєтку). Також реформи сприяли тимчасовому посиленню центральної влади (за допомогою реорганізованого війська були відбиті напади зовнішніх ворогів, на якийсь час зламано опір непокірної знаті).

Таким чином, реформи Карла Мартелла посприяли розширенню феодалного землеволодіння, з часом збільшилися майнові права сеньйорів, їх судова, військова та фінансова влада над селянами. Значно укріпився шар середніх і дрібних феодалів, які, як професійні воїни, стали основною частиною всієї військової організації; саме вони були попередниками майбутнього рицарства.

#### **Список посилань**

1. Карл Мартелл біографія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://obrazovaka.ru/biografiya-karl-martell-kratkaya.html>
2. Военная реформа Карла Мартелла: краткое объяснение [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.all-theories.com/post/военная-реформа-карла-мартелла>
3. Альмухаметова, М.Ш. История государства и права зарубежных стран: учебное пособие / М.Ш. Альмухаметова, А.В. Кузнецов – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2014. – 280 с.

## НАУКОВЕ ВИДАННЯ

### **XII Міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»**

**26 – 27 травня 2022 року, м. Чернігів**

#### **Том 2**

Відповідальний за видання  
Редактор

А. М. Єрошенко  
С. П. Сапон

Прийнято 26.05.2022. Здано до друку 26.05.2022 р.  
Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman.  
Ум.-друк. арк. 13,5. Тираж 100 пр. Зам. № 19/22

---

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.