



ТЕХНОЛОГІЯ-2026

МАТЕРІАЛИ

XXIX міжнародної науково-технічної конференції

22 травня 2026 року

Київ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. Володимира Даля
ANTALYA AKEV UNIVERSITY
TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY
VSI INSTITUTE OF LITHUANIAN SCIENTIFIC SOCIETY
MONOLITH ASIA, UZBEKISTAN
ГРУПА КОМПАНІЙ «ПЛАЗМАТЕК»
ГО «ФУНДАЦІЯ «ПРОСТІР»
ГО "АСОЦІАЦІЯ ФАРМАЦЕВТІВ УКРАЇНИ"
ПрАТ „ХІМПРОЕКТ”
АНАЛІТИЧНИЙ ЦЕНТР СЧУ імені Володимира Даля

ТЕХНОЛОГІЯ-2026

МАТЕРІАЛИ

XXIX міжнародної науково-технічної конференції

22 травня 2026 року

м. Київ



Київ, 2026

Технологія-2026: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 22 травня. 2026 р., м. Київ. / укладач Є. І. Зубцов – Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2026. – 300 с.

Редколегія: В.Ю. Тарасов, д.т.н., проф. (головний редактор); Є.А. Івченко, д.е.н., проф.; С.О. Кудрявцев, к.т.н., доц.; С.Л. Кузьміна, д.філос.н., доц.; С.В. Кузьменко, к.т.н., доц.; О.А. Цюк, д.с-г.н., проф.; Т.Г. Сотнікова, к.т.н., доц.

Адреса редколегії: Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, 01042. т.: (095)8036309

Редколегія може не поділяти погляди, викладені у збірнику. Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за їх зміст. Тези друкуються в авторській редакції.

Рекомендовано до друку Вченою радою факультету інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (Протокол № 11 від 29.05.2026 р.)

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ УНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ ҐРУНТІВ	
Чайка Т.О.	15
ПРИРОДООРІЄНТОВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНОЇ ЗМІНИ	
Новікова А. М.	17
ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА СТАН ПОВІТРЯ НА ТЕСТОВІЙ ДІЛЯНЦІ ТРАСИ М-03	
Цуранов В.О., Мохонько В.І.	19
USE OF BIOMASS FOR PHARMACEUTICS: THE LATEST TRENDS	
Olena Korchuganova.....	21
ISOTHERMAL SECTION OF THE Al-Nd-Ni SYSTEM AT 1000°C	
Cherniak M., Fartushna I., Koval O.....	22
BINARY Nd-Ni SYSTEM: NEW COMPOUND AND REVISION OF THE PHASE DIAGRAM	
Cherniak M., Fartushna I., Agraval P., Bulanova M., Turchanin M.	24
PHASE DIAGRAM OF THE Al-Ti-V SYSTEM	
Cherniak M., Fartushna I., Bulanova M.	26
ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОСТОРОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ РОЗПОДІЛУ $PM_{2.5}$ ТА PM_{10} ЯК ФАКТОР ЛАТЕНТНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я МІСЬКОГО НАСЕЛЕННЯ	
Майстренко-Дудковська Я.А., Золотарьова О. В.	28
APPLICATION OF DIFFERENTIAL THERMAL ANALYSIS TO PHASE TRANSFORMATIONS IN THE Lu-Fe, Lu-Co, AND Lu-Co-Fe SYSTEMS	
Denys O. Kapush, Sergii V. Utkin, Iuliia V. Fartushna, Maryna V. Bulanova.....	30
ДІАГРАМА ПЛАВКОСТІ СИСТЕМИ Hf-Ti-Cu	
Кравчук В.Ф., Сторчак А.М., Буланова М.В.....	30
ВПЛИВ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕРМІЧНОЇ Й ХІМІЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ	
Макаров В.Д., Золотарьова О. В.	32
ПРОБЛЕМИ ХАРЧУВАННЯ ПІДЛІТКІВ ТА МОЛОДІ	
Колбасіна А.О., Захарова О.І.	34
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ТЕС ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ЗІ СТІЧНИХ ВОД	
Сковородка Є. І., Золотарьова О. В.	37
SOLIDUS SURFACE OF THE Al-Nd-Ni SYSTEM	
Fartushna I., Cherniak M., Kapush D., Bulanova M.	39
PHASE EQUILIBRIA IN THE Ti-V-Si SYSTEM	
Fartushna I., Cherniak M., Utkin S., Bulanova M.	41
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ І ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В СПЛАВАХ СИСТЕМИ Fe-W-C	
Каверинський В.В., Кирилюк С.Ф., Кирилюк Є.В., Кудін В.Г., Романова Л.О., Судавацова В.С., Баглюк Г.А.	43

ВПЛИВ Ni НА ЕНЕРГІЮ ВЗАЄМОДІЇ В РОЗПЛАВАХ СИСТЕМИ Al-Sn Кудін В.Г., Гончаров І.О., Міщенко Д.Д., Заборовець І.С., Романова Л.О., Судацкова В.С.	44
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВІВ СИСТЕМИ Ce-Ni-Sb Романова Л.О., Кудін В.Г., Черняк М.С., Судацкова В.С.	45
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВІВ СИСТЕМИ Ca-Sn Романова Л.О., Заборовець І.С., Кудін В.Г., Копань А.Р., Судацкова В.С.	46
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВІВ І СПОЛУК БІНАРНИХ СИСТЕМ Bi(Sb)-Ln Шевчук В.А., Кудін В.Г., Романова Л.О., Подопрігора Н.В., Судацкова В.С.	47
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВІВ Ce-Me (Me - d-МЕТАЛИ) Іванов М.І., Романова Л.О., Кудін В.Г., Судацкова В.С.	49
БІОПОЛІМЕРИ НА ОСНОВІ ПОЛІЛАТИДУ (PLA): ВИРОБНИЦТВО, ВЛАСТИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАМІНИ ТРАДИЦІЙНИХ ПОЛІМЕРІВ У ПАКУВАННІ Невмирич З. Д., Золотарьова О. В.	51
ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ГРУНТОВИЙ ПОКРИВ ПРОМИСЛОВО-МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ Мохоцько В.І., Зубцов Є.І.	52
ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА ЗАМКНЕНЕ УПРАВЛІННЯ ХЛОРООРГАНІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ПРИКЛАДІ ШВЕЦІЇ Козлов О.В., Баранова Л.А.	54
ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЮВАЛЬНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРИ ПОДОВЖЕННІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ Кохан І.Р.	56
ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ГАЛЬМОВИХ КОЛОДОК ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ГАЛЬМОВОЇ ВАЖІЛЬНОЇ ПЕРЕДАЧІ Равлюк В. Г., Ловська А. О., Рибін А. В., Скуріхін Д. І.	58
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОРДОННИХ БОРТОВИХ ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ ГАЛЬМ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ Равлюк В. Г., Дерев'янчук Я. В., Дерев'янчук О. В.	60
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТИРИСТОРНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ УКРАЇНИ Зімовченко В. В., Брожко Р. М.	62
ОПТИМІЗАЦІЯ ТИРИСТОРНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ Гураль М. В., Брожко Р. М.	64
ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОПОДІБНИХ ЛИСТІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБШИВКИ СТІН НАПІВВАГОНІВ Ловська А. О., Павлюченков М. В., Семенов В. П.	66
ІНТЕГРАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В МІЖНАРОДНІ ТРАНСПОРТНІ КОРИДОРИ Бауліна Г.С.	67

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ

Демяненко С. П., Брожко Р. М. 68

БАГАТОЛІНКОВИЙ WI-FI 7 В ІОТ-МЕРЕЖАХ

Карнаух Д.М., Тягунова М.Ю., Киричек Г.Г. 70

ТЕХНОЛОГІЯ RAG ДЛЯ ОСВІТНІХ ПЛАТФОРМ

Філіппенков К.Ю., Тягунова М.Ю., Киричек Г.Г., Галушка С.О. 71

АНАЛІЗ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ТА КІНЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАКЦІЙ ПРОЛІЗУ

Герасименко В.М., Зубцов Є.І. 73

ГРАФІЧНІ РЕДАКТОРИ В ТРИВИМІРНІЙ СИСТЕМІ САПР

Сиров Є. В., Карпенко А. П., Карпюк Л. В. 75

MODEL-BASED CONTROL OF A SYNTHESIS REACTOR IN THE PRODUCTION OF PHARMACEUTICAL CHEMICALS

Trohimenko A.O., Kupina O.A. 77

КОНЦЕПЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОГО МЕЛІОРАНТУ-ДОБРИВА НА ОСНОВІ ФОСФОГІПСУ

Невмирич З.Д., Кравченко І.В. 78

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ВАКУУМНОЮ ПАКУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Маткін Є.Б., Целіщев О.Б. 80

СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРІВ, ЩО МІСТЯТЬ ХЛОР

Оридорога О. С., Золотарьова О. В. 82

CODESYS – ПОМІЧНИК ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Салінко Р. І., Гритчин Р. В., Карпюк Л. В. 84

ТЕХНОЛОГІЇ ВОДНЮ З ВУГЛЕВОДНЕВИХ ГАЗІВ

Герасименко В.М., Зубцов Є.І. 86

БАГАТОВИМІРНА НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ

Салінко Н. М., Щербань О. А., Карпюк Л. В. 88

THE IMPACT OF DUST FORMATION ON THE OCCURRENCE OF ACCIDENTS IN COAL MINES

Porovych V.A. 90

ПРІОРИТЕЗАЦІЯ РИЗИКІВ – ЗАСІБ ОЦІНКИ ВАРТОСТІ ТА ВАЖЛИВОСТІ АКТИВІВ

Шаповалов Б.Д., Коробейнікова Т.І. 92

STUDY OF THE PROCESS OF PURIFICATION OF WATER RESOURCES USING AEROSOL NANOCATALYSIS TECHNOLOGY

Kucher V., Glikina I.M., Zubtsov Ye.I. 94

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ ПІДХІД ДО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ГРАНУЛЮВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Гусєв А.С., Целіщев О.Б. 96

ІНТЕГРАЦІЯ МУЛЬТИАГЕНТНИХ ПІДХОДІВ ТА ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ У СИСТЕМАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ

Еленський А.О. 98

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТУ	
Солодовнік В.В., Лорія М.Г.	99
АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ ПРОФІЛЕМ СКЛЯНОЇ ПЕЧІ З ВИКОРИСТАННЯМ КАСКАДНИХ ПІ-РЕГУЛЯТОРІВ	
Старий В.А., Сотнікова Т.Г.	101
THE ROLE OF AUTOMATION IN IMPROVING PRODUCTION EFFICIENCY	
Semenenko S. A., Bilaonov A. Ch., Davidenko N. O., Karpiuk L. V.	103
РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ МОДЕЛІ БАГАТОВИМІРНОГО АНАЛІЗУ СЛАБОСТРУКТУРОВАНИХ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ДАНИХ ПРИ ЇХ РОЗПІЗНАВАННІ	
Рудніченко М.Д., Шибяєва Н.О., Шибяєв Д.С.	105
ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ АГЕНТНОГО ПІДХОДУ В ГІБРИДНІ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ	
Шведов Д.С.	107
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНЖЕНЕРНО-ГРАФІЧНОМУ НАВЧАННІ	
Безпружний В. В., Дуришев О. А., Карпюк Л. В.	109
STUDY OF THE PROCESS OF ATMOSPHERIC AIR PURIFICATION AFTER POLLUTION WITH SOLID DUST MICROPARTICLES	
Holobchuk O., Glikina I.M., Zubtsov Ye.I.	111
ІНТЕГРАЦІЯ САД-СИСТЕМ В АВТОМАТИЗАЦІЮ ДИСКРЕТНОГО ВИРОБНИЦТВА	
Калита Р. О., Кобзарев Є. В., Карпюк Л. В.	113
ВАРІАТИВНІСТЬ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ КУТІВ В AUTOCAD У ПІДГОТОВЦІ ІНЖЕНЕРІВ	
Бажміна Е.А.	115
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНЕ КЕРУВАННЯ ЦИКЛОМ ВАКУУМНОГО ПАКУВАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	
Маскаленко В.М., Купіна О.А.	116
ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ЕКСТРАКЦІЙНОЇ ФОСФАТНОЇ КИСЛОТИ ВІД ФТОРУ	
Старікова А. А., Золотарьова О. В.	118
АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВІД ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА РУХОМОГО СКЛАДУ	
Гармаш Б.К., Власенко К.Г., Корнієнко А.М.	119
SUPERVISORY ACTIVITIES IN THE FIELD OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY: THE CASE OF SPANISH LEGISLATION	
Hryhorieva Yevheniia, Savvitskyi Serhii, Ksonz Mykyta	121
БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ДІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН У ПОБУТІ ТА ВИРОБНИЧОМУ СЕРЕДОВИЩІ	
Катковнікова Л.А., Масалітіна Г.І., Войтов І.В.	123
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ЕКСТРУДЕРОМ У ВИРОБНИЦТВІ ПЛАСТИКОВИХ ВИРОБІВ	
Конюшенко О.В., Купіна О.А.	125

ЦИФРОВІ РІШЕННЯ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ СТУДЕНТІВ ПЕРШОГО КУРСУ ТА ПРОФІЛАКТИКИ ВИГОРАННЯ

Андрійченко А.А., Сотнікова Т.Г. 127

ПОТЕНЦІЙНІ НЕБЕЗПЕКИ В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА–МАШИНА» ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ У ВИРОБНИЦТВО

Сухоруков Ю.Г., Грищенко О.А., Григор'єва Є.С. 128

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ВИПАРНОЮ УСТАНОВКОЮ

Амерхамов Т.І., Лорія М.Г. 130

СУЧАСНІ ІНЖЕНЕРНІ ПІДХОДИ ДО ЗНИЖЕННЯ АНТРОПОГЕННИХ РИЗИКІВ У ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ

Таразанов Ю.А., Молчанов Б.Д., Катковнікова Л.А. 132

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ГІБРИДИЗАЦІЇ ПРЕДИКТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ З ОЦІНКИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РИЗИКІВ

Шведов Д.С., Рудніченко М.Д. 134

МОДУЛЬ ГІБРИДНОГО СЕНСОРНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

Шибаяєва Н.О., Рудніченко М.Д., Шибаяєв Д.С. 136

ПОЖЕЖІ ТА ВИБУХИ ЯК ДЖЕРЕЛО ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ: ВПЛИВ НА ПОВІТРЯ, ҐРУНТИ ТА ВОДНІ РЕСУРСИ

Ярошенко Р.В., Свірікова А.Є., Гармаш Б.К. 138

МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ АНАЛІЗУ ТА КЕРУВАННЯ ГІДРОАКУСТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Шумейко К.П. 140

ANALYSIS OF METHODS FOR REPRESENTING HIERARCHICAL INFORMATION IN DOCUMENT-ORIENTED DATABASES

Domin M. 141

РОЛЬ ГІДРОАКУМУЛЮЮЧИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У РОЗВИТКУ ТА ІНТЕГРАЦІЇ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Єременко В.О., Потапенко Е.С., Дюмін Е.С., Григор'єва Є.С. 143

MATHEMATICAL MODELING OF MASS AND HEAT TRANSFER PROCESSES IN A RECTIFICATION COLUMN

Bondarenko R.B., M. H. Loria 144

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ SMART-ГОЛОВНИХ УБОРІВ

Ріпка Г.А., Бондарева І.В., Філіппов Д.О., Філіппова Т.А. 146

АРХІТЕКТУРА ЗАХИЩЕНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

Куденчук Д. П., Коробейнікова Т. І., Опірський І. Р. 148

ML-ТРЕНОВАНА МОДЕЛЬ БЛОКУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗАПИТІВ

Бундзило О.І., Коробейнікова Т.І. 150

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ЗВЕДЕННЯ МАТЕРІАЛЬНИХ БАЛАНСІВ

Жушма Є.В., Кардашук В.С. 152

АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ РЕНДЕРИНГУ ДЛЯ ВЕЛИКИХ ТРИВИМІРНИХ СЦЕН	
Завальнюк Є. К.	155
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МІДЬВМІСНИХ РОЗЧИНІВ	
Гудков А. Є., Зубцов Є. І.	157
ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ В УМОВАХ СУЧАСНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА	
Кіральгазі І.І., Жмуренко М.А., Луганський П.М.	159
ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ РЕКТИФІКАЦІЇ ЕТАНОЛУ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОГО КЕРУВАННЯ	
Куліков О.С., Лорія М.Г.	160
HAZARDOUS PROPERTIES OF COAL SEAMS AS A RISK FACTOR FOR CIVIL SAFETY IN THE COAL MINING INDUSTRY	
Rudniev Y.S.	162
ELECTRICAL CONVERTERS IN MODERN ELECTRIC DRIVES: DEVELOPMENT TRENDS AND APPLICATION OF GaN TECHNOLOGY	
Rudniev Y.S., Bashtovyi M.O.	164
THE EFFECT OF DEAD TIME ON INVERTER OUTPUT VOLTAGE AND METHODS OF ITS COMPENSATION IN ELECTRIC DRIVES	
Rudniev Y.S., Maiboroda M.V.	166
POWER FACTOR CORRECTION IN MODERN POWER CONVERTERS	
Rudniev Y.S., Makarenko D.O.	168
ІНТЕГРАЦІЯ КОМПЛІАНС-АУДИТУ В ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
Марутяк А. А., Опірський І.Р., Коробейнікова Т.І.	170
АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ТА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ РИЗИКІВ ЇХ ВИНИКНЕННЯ	
Романченко Ю.А., Романченко О.В.	172
MULTILEVEL HIGH-VOLTAGE CONVERTERS WITH A CASCADED STRUCTURE OF LOW-VOLTAGE POWER MODULES	
Rudniev Y.S., Nikulin O.O.	174
СМАРТ ПЛЯШКА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СПОЖИВАННЯ ТА ЯКОСТІ ВОДИ НА ОСНОВІ ІНТЕГРОВАНИХ ДАТЧИКІВ	
Шмирко О.С., Польська О.В., Кудерметов Р.К.	176
EVALUATION OF SIGNAL INTEGRITY IN SERIAL COMMUNICATION PROTOCOLS	
Galaburda O. D., Samojlova Zh. G.	178
DIGITAL CONTROL METHODS AND ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRIC DRIVES	
Rudniev Y.S., Tsukor O.S.	179
ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДГОТОВКИ ДАНИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ LSTM ДЛЯ КЕРУВАННЯ РЕАКТОРОМ СИНТЕЗУ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ В MATLAB	
Самойлова Ж.Г., Смирнов Г.А.	181

ЗАГРОЗИ ТА МЕТОДИ ПРОТИДІЇ АІ-БОТАМ НА ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМАХ	
Суслов В.В., Коробейнікова Т.І.....	182
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ФЕРМЕНТЕРОМ У ВИРОБНИЦТВІ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОДУКТІВ	
Вівчар С.Ф., Купіна О.А.....	184
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ LSTM ДЛЯ КЕРУВАННЯ РЕАКТОРОМ СИНТЕЗУ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ	
Самойлова Ж.Г., Татарчук Р.Є.	186
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗМІШУВАЧЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА У ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	
Горло Д.В., Лорія М.Г.	188
АДАПТИВНЕ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ СТЕРИЛІЗАЦІЇ В АВТОКЛАВІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МЕДИЧНИХ ВИРОБІВ	
Гритчин Р.В., Купіна О.А.....	189
АНАЛІЗ ТА СТРУКТУРИЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ У ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ КОЛОНИ СИНТЕЗУ АМІАКУ	
Дуришев О.А., Лорія М.Г.....	191
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЛІОФІЛІЗАЦІЇ У ВАКУУМНИХ СУШАРКАХ	
Кузьмінський С.В.....	192
РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ СКЛАДНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ	
Кобзарев Є.В., Лорія М.Г.	194
РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ КОМПЛЕКСНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПАСІЧНИМ ГОСПОДАРСТВОМ З ЕЛЕМЕНТАМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА АНАЛІТИКИ	
Сотніков Д.О., Сотнікова Т.Г.	196
DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A COMPLEX COMPUTER-INTEGRATED CONTROL SYSTEM FOR A DISTILLATION COLUMN IN BIOETHANOL PRODUCTION	
A. Z. Stetsyk, M. H. Loria	198
ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕПЛООБМІННИМИ ПРОЦЕСАМИ У ВИПАРНИКУ РІДКОГО АМІАКУ В ВИРОБНИЦТВІ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ	
Савельєв В.В., Целіщев О.Б.	200
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ФІЛЬТРАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ	
Туранов В.В., Целіщев О.Б.	202
DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A COMPLEX COMPUTER-INTEGRATED CONTROL SYSTEM FOR A GRANULATOR IN NITROGEN FERTILIZER PRODUCTION	
Titarenko O.V., Kupina O.A.....	204

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОГО КЕРУВАННЯ ДРОБАРКОЮ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТУ НА ОСНОВІ ДАНИХ ПРО СТАН ОБЛАДНАННЯ	
Харченко О.В.	206
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ВРАЗЛИВОСТЕЙ І ЗАХИСТУ REST API З ВИКОРИСТАННЯМ ТОКЕННИХ МЕХАНІЗМІВ JWT ТА ПРОТОКОЛУ OAUTH 2.0	
Кунах І.А., Коробейнікова Т.І.	208
TECHNOLOGICAL AND MATERIALS SCIENCE ASPECTS OF DIRECT POWDER FORGING OF HARD-TO-DEFORM HEAT-RESISTANT ALLOYS	
Tolochyn O. I., Tolochyna O. V., Okyn I. Yu.	210
ВИБІР МЕТОДІВ ВИДІЛЕННЯ ОЗНАК АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ ГОЛОСУ ЛЮДИНИ ДЛЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ	
Крохмаль А.В., Крохмаль В.І.	212
MATHEMATICAL MODELS FOR CALCULATING AND OPTIMIZING THE PARAMETERS OF THERMO-PHYSICAL SYSTEMS	
Levkin D.A.	214
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МОДУЛЬНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННИХ КОМПЛЕКСІВ	
Мордига В.О., Морнева М.О.	215
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ НА ФРЕЗЕРНОМУ ВЕРСТАТІ	
Коротков В.С., Захаров Н.О.	216
ЕЛЕМЕНТИ КЕРУВАННЯ В СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННИХ КОМПЛЕКСАХ ТА СИСТЕМАХ	
Калінін А.М., Морнева М.О.	218
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛЕСА ХОДОВОГО КРАНУ ККС-10 В УМОВАХ ОДИНИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	
Коротков В.С., Мохнач Л.Р.	219
АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ ДВОШАРОВОЇ СТАЛІ У ВАГОНОБУДУВАННІ	
Фомін О. В., Бурлуцький О. В.	221
РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ 1Н713	
Коротков В.С., Питайло В.І.	224
НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕЛЬСФНОГО ТЕКСТУРУВАННЯ	
Романюк О.Н., Романюк О.В., Новосельцев О.О.	226
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ПІДШИПНИКА БДЮ 01.110 ДИСКОВОЇ БОРОНИ БДТ-7	
Коротков В.С., Васильєв В.С.	228
INTERMEDIATE RESULTS OF EVALUATING MODERN LARGE LANGUAGE MODELS USING THE MULTIDIMENSIONAL COMPLEXITY MATRIX (MCM-BENCH)	
Vladyslav Blazhkiv, Lina Barbaruk, Tetiana Modestova.	230
THE EFFECT OF WHEEL PROFILE DESIGN PARAMETERS ON OPERATIONAL WEAR	
Vorobiov O.	231

МІКРОПРОЦЕСОРНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ	
Салінко Р. І., Салінко Г. О., Самойлова Ж. Г.	233
ФОРМУВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА В КОНТЕКСТІ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ	
Гриценко Н.В., Козодой Д.С.	235
ПЕРЕДУМОВИ ТРАНСФОРМАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ У ПРОЦЕСАХ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ	
Ковальчук Є.О.	237
ПРАВОВІ МЕХАНІЗМИ ІНКЛЮЗИВНОЇ РЕІНТЕГРАЦІЇ ВЕТЕРАНІВ У ТРУДОВІ КОЛЕКТИВИ	
Середіна А.С., Ільїнова І.В.	239
ПРОГНОЗНА АНАЛІТИКА (PREDICTIVE ANALYTICS) У СТРАТЕГІЧНОМУ АНАЛІЗІ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ	
Данилова Л.А., Ткаченко І.В.	241
ОПЕРАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ЕЛЕМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ЙОГО СТРАТЕГІЧНОЇ ГНУЧКОСТІ	
Левицький В.В.	243
ЛОКАЛІЗАЦІЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В ДІЯЛЬНОСТІ УНІВЕРСИТЕТУ: ОСВІТНІЙ, СОЦІАЛЬНИЙ ТА ПАРТНЕРСЬКИЙ ВИМІРИ	
Хіміч Р. В., Касаткіна М. В.	245
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	
Ольшанський О.В., Маслош О. В.	247
УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ ТА ІННОВАЦІЙНО-ІНФРАСТРУКТУРНИЙ РОЗВИТОК ТЕРИТОРІЙ В УМОВАХ ПОСТКРИЗОВОГО ВІДНОВЛЕННЯ: СТРАТЕГІЧНИЙ І РЕСУРСНИЙ АСПЕКТИ	
Филик А.І., Бойченко О.В.	249
ВПЛИВ ТРУДОРЕСУРСНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МАРКЕТИНГОВИХ ІННОВАЦІЙ: УЗГОДЖЕННЯ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ, ФІНАНСОВОГО МОНІТОРИНГУ ТА РИНКОВИХ СТРАТЕГІЙ ПІДПРИЄМСТВА	
Фаталов М.Г., Коваленко Є.О., Рябченко В.О.	250
ECONOMIC ANALYSIS AND OPTIMIZATION PATHWAYS FOR THE TRANSFORMATION OF TRADITIONAL REFUELING STATIONS INTO CHARGING STATIONS	
Хе Ке	252
СИНЕРГІЯ ШІ-ТЕХНОЛОГІЙ І ДІДЖИТАЛІЗОВАНИХ КОМУНІКАЦІЙ У ФОРМУВАННІ ГНУЧКИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР: ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ, МОНІТОРИНГ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЛЮДСЬКИЙ НАГЛЯД ЗА АВТОМАТИЗОВАНИМИ РІШЕННЯМИ	
Пасько С.М., Веремійчук К.О., Висоцький О.А.	253

ГАРМОНІЗАЦІЯ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ З ПРИНЦИПАМИ ЛЮДИНОЦЕНТРИЧНОСТІ 5.0: ПРОГАЛИНИ, ВИКЛИКИ ТА ШЛЯХИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ	
Хандій О.О., Хандій В.В.....	255
РЕЗИЛЬЄНТНІСТЬ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОСТІ БІЗНЕСУ	
Кліпик Б. Р., Христенко Л. М.....	258
УПРАВЛІННЯ ДОХОДАМИ ПІДПРИЄМСТВА В СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЙОГО ЕФЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ	
Подлевський О.С., Левицький В.В.....	260
АКТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ПОСТКОНФЛІКТНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ	
Івченко Ю.А.	261
АКТУАЛЬНІСТЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ФІНАНСОВОГО КОНТРОЛЮ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ В УМОВАХ АКТИВНОЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ	
Савченко А. О., Христенко Л. М.	262
ДІЄВІ УПРАВЛІНСЬКІ СТРАТЕГІЇ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ В СИСТЕМІ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ	
Смаглій А.О.	264
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ МАЛОГО ТА СЕРЕДНЬОГО БІЗНЕСУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	
Вертелецький О.Б.....	267
УПРАВЛІННЯ АДАПТАЦІЄЮ ПЕРСОНАЛУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: HR-ІНСТРУМЕНТИ ЗАПОБІГАННЯ ЕМОЦІЙНОМУ ВИГОРАННЮ	
Панченко Є.В.	269
ESG-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД У СТРАТЕГІЧНОМУ АНТИКРИЗОВОМУ УПРАВЛІННІ РОЗВИТКОМ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД	
Романов О. Д., Чорна О.Ю.	271
ДІАГНОСТИКА СТАНУ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	
Мироник Б., Чорна О.Ю.	273
POSITIVE MENTAL HEALTH IN WARTIME: A PREDICTIVE MODEL OF ANXIETY, DEPRESSION, AND WELL-BEING	
Boiarska Z. O., Overchuk V. A.....	275
ВІЙСЬКОВЕ МИСТЕЦТВО ЗАПОРОЖЦІВ ЧАСІВ ХОТИНСЬКОЇ ВІЙНИ 1621 Р. ТА ПРИНЦИПИ СУНЬ-ДЗИ: УНІВЕРСАЛЬНІСТЬ І САМОБУТНІСТЬ	
Альона ПУГАЧ, Попова Лілія Михайлівна.....	277
УКРАЇНСЬКА ВИШИВАНКА: ВІД САКРАЛЬНОГО ОБЕРЕГА ДО ГЛОБАЛЬНОГО ЕТНОБРЕНДУ	
Анжеліка ДОВГАНЬ, Попова Лілія Михайлівна.....	279
ВИХОВАННЯ ПРАВОСВІДОМОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ СУЧАСНИХ ФОРМ ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ	
Карповський В. О., Садовенко С. Г.....	280

УПРАВЛІНСЬКА КУЛЬТУРА МАЙБУТНЬОГО ВИКЛАДАЧА ЗАКЛАДУ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ ЯК СКЛАДОВА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ	
Кузнєцов М.В., Кузьменко О.Г.....	282
КУЛЬТУРА ПОЧУТТІВ ЯК СКЛАДОВА ПРОФЕСІЙНОГО СТАНОВЛЕННЯ МАЙБУТНЬОГО ФАХІВЦЯ	
Федоров К.А., Кузьменко О.Г.....	284
РОЛЬ ФІЗИЧНОЇ АКТИВНОСТІ У ФОРМУВАННІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАЙБУТНІХ АГРОІНЖЕНЕРІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	
Герман М. М., Журавльов О. О.	286
РОЛЬ ВІЗУАЛЬНОЇ АЙДЕНТИКИ ТА МІНІМАЛІЗМУ В ЦИФРОВІЙ КОМУНІКАЦІЇ ЮВЕЛІРНИХ БРЕНДІВ	
Шевченко В. В., Ріпка Г. А., Березненко С. М.....	288
МОРАЛЬНО-ЕТИЧНИЙ РОЗВИТОК МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРЕДМЕТІВ МИСТЕЦЬКОГО ЦИКЛУ: КІЛЬКІСНІ ТА ЯКІСНІ ВИМІРИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕДАГОГІЧНОЇ МОДЕЛІ	
Жуков В.П.....	290
ШЕВЧЕНКІВСЬКА ТРАДИЦІЯ НАРОДНОЇ УКРАЇНИ В ПОЕЗІЇ СХОДУ УКРАЇНИ	
Салінко Р. І., Пустоварова О. О.	291
ШЛЯХ ДО ВОЛІ:ТЯГЛІСТЬ УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВОТВОРЕННЯ ТА РОЛЬ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕЛІТИ	
Александрос ГРАФОВ, Попова Лілія Михайлівна	293
ДНІПРОВА ЧАЙКА:КУЛЬТУРНИЙ СИМВОЛ ТА ЛІТЕРАТУРНА СПАДЩИНА ХЕРСОНЩИНИ	
Антонюк М.В., Гречановська І.В.	295
ОБРАЗ ПРИРОДИ В УКРАЇНСЬКІЙ ЛІТЕРАТУРІ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ МОЛОДІ	
Герман М. М., Кузнєцова Н. В.....	297
ВОЛОДИМИР СОСЮРА ЯК ПРОДОВЖУВАЧ ШЕВЧЕНКІВСЬКОЇ ТРАДИЦІЇ НА СХОДІ УКРАЇНИ	
Салінко Г. О., Пустоварова О. О.	298
ПСИХОЛОГІЧНІ ТА СОМАТИЧНІ АСПЕКТИ ПАНІЧНИХ АТАК В УМОВАХ ХРОНІЧНОГО ВОЄННОГО СТРЕСУ	
Бережна С.В.....	300

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ УНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ ҐРУНТІВ

Чайка Т.О., канд. екон. наук

*Відокремлений структурний підрозділ «Аграрно-економічний фаховий коледж
Полтавського державного аграрного університету»*

В умовах повномасштабної війни в Україні деградація ґрунтового покриву на значних площах набула системного характеру, що зумовлює необхідність розробки науково обґрунтованих підходів до їх відновлення [1]. Особливої актуальності набуває моделювання процесів рекультивації як інструменту прогнозування ефективності відновлювальних заходів, оптимізації ресурсів і формування довгострокових стратегій сталого землекористування з урахуванням їх економічної доцільності.

Метою дослідження є моделювання процесів відновлення сільськогосподарських ґрунтів, пошкоджених унаслідок бойових дій, з урахуванням поетапної трансформації фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунтового покриву й інтеграції екологічних і економічних компонентів відновлення.

Методологічною основою дослідження є системний підхід до оцінки деградованих ґрунтів, що передбачає послідовну реалізацію комплексу заходів від первинного обстеження територій до впровадження біотехнологічних і фіторе mediaційних технологій. Запропонована модель включає шість взаємопов'язаних етапів: відновлення антропогенно пошкоджених ґрунтів, оцінку рівня забруднення, механічну рекультивацію, хімічну меліорацію, біотехнологічне відновлення родючості та довгострокову фіторе mediaцію з елементами біоенергетичного використання біомаси [2].

На початковому етапі ключовим є забезпечення безпеки територій шляхом гуманітарного розмінування та усунення механічних пошкоджень ґрунтового покриву. Це створює передумови для подальших агротехнічних заходів і запобігає вторинному забрудненню. Наступний етап передбачає детальну діагностику ґрунтів із визначенням вмісту токсикантів, що дозволяє локалізувати зони найбільшого ураження та диференціювати підходи до їх рекультивації.

Механічна рекультивація спрямована на відновлення структури ґрунту, нормалізацію щільності, водопроникності та аерації шляхом вирівнювання рельєфу та відновлення родючого шару. Хімічна меліорація передбачає іммобілізацію токсикантів за допомогою сорбентів і меліорантів, що забезпечує зниження біодоступності важких металів та органічних забруднювачів. Біотехнологічний етап орієнтований на відновлення мікробіологічної активності ґрунту, підвищення його водоутримувальної здатності та стимуляцію росту рослин у стресових умовах.

Особливістю запропонованої моделі є інтеграція довгострокової фіторе mediaції з елементами циркулярної економіки [3]. Використання культур-екстракторів і стабілізаторів у поєднанні з біоенергетичними культурами дозволяє не лише поступово очищати ґрунт, але й забезпечувати економічну доцільність відновлення через виробництво енергії та секвестрацію вуглецю. Такий підхід формує модель «Soil-to-Energy», що поєднує екологічну реабілітацію з відновленням господарської функції земель.

Для формалізації процесів відновлення запропоновано інтегральний індекс відновлення ґрунту (R_s), що враховує фізичні, хімічні та біологічні показники ґрунту, а також їх вагову значущість у структурі рекультиваційних заходів.

$$R_s = w_1P + w_2C + w_3B,$$

де P — фізичні показники (щільність, структура, водопроникність); C — хімічні показники (рН, вміст токсикантів, ємність катіонного обміну); B — біологічні показники (мікробіом, ферментативна активність); w_i — вагові коефіцієнти.

Наведений індекс дозволяє інтегрувати результати окремих етапів рекультивації в єдину кількісну шкалу, забезпечуючи оцінювання динаміки відновлення ґрунту та формалізацію вибору ефективних технологій.

Динаміка інтегрального індексу R_s відображає поетапний характер відновлення ґрунту: на початкових етапах (розмінування та технічна підготовка) відбувається переважно покращення фізичних властивостей; на етапі хімічної меліорації – зниження рівня токсичності та стабілізація ґрунтового середовища; тоді як найбільший приріст R_s пов'язаний із біотехнологічним відновленням і фіторемедіацією, що забезпечують регенерацію мікробіому та довгострокове підвищення родючості. Узагальнена траєкторія зміни індексу має нелінійний характер і відображає перехід від швидких фізичних змін до більш інерційних біологічних процесів.

Отримані узагальнення свідчать, що ефективність відновлення ґрунтів визначається дотриманням послідовності етапів та адаптацією технологій до рівня пошкодження і природно-кліматичних умов. Запропонований підхід враховує різні часові горизонти відновлення: на етапі деокупації пріоритетними є заходи з гуманітарного розмінування та первинної оцінки стану ґрунтів, тоді як повномасштабне відновлення їх родючості реалізується за умов стабілізації безпекової ситуації. Комплексне застосування механічних, хімічних і біологічних методів забезпечує відновлення структури ґрунту, зниження токсичності, регенерацію мікробіому та поступове відновлення родючості.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання запропонованої моделі як інструменту для планування відновлювальних робіт у постраждалих регіонах, оцінки їх економічної ефективності та формування державних програм рекультивації земель у повоєнний період. Запропонований підхід відповідає сучасним викликам відновлення бelligеративних агроландшафтів і може бути інтегрований у стратегії сталого розвитку аграрного сектору України.

Література

1. Чайка Т. О., Короткова І. В. Порушення фізичних властивостей ґрунтів внаслідок воєнних дій. *Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу* : Міжнар. наук.-практ. конф., секція 2: Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни (м. Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ : НУБіП, 2023. С. 357–359.

2. Чайка Т. О. Циркулярна модель «Soil-to-Energy» як інструмент сталого відновлення деградованих земель у повоєнний період. *Управління та раціональне використання земельних ресурсів в територіальних громадах у повоєнний період* : IX Всеукр. наук.-практ. конф., м. Кропивницький, 05 березня 2026 р. Кропивницький : ХДАЕУ, 2026. С. 284–288.

3. Чайка Т. О. Впровадження циркулярної економіки у післявоєнне відновлення України. *Ефективність функціонування сільськогосподарських підприємств. Функціонування сільськогосподарських підприємств на засадах циркулярної економіки* : XII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Дубляни, 6-7 червня 2023 р. Львів : Галицька видавнича спілка, 2023. С. 112–116.

ПРИРОДООРІЄНТОВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНОЇ ЗМІНИ

Новікова А. М., аспірант кафедри інженерної екології міст

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

На сучасному етапі розвитку цивілізації, що характеризується стрімким зростанням чисельності населення світу та відповідним посиленням антропогенного навантаження на природні ресурси, проблема раціонального використання і забезпечення населення та галузей економіки водними ресурсами набуває особливої актуальності. Це повною мірою стосується й України, яка належить до держав із недостатнім рівнем природної водозабезпеченості та значною залежністю від транзитного річкового стоку. За даними Глобальної інформаційної системи Food and Agriculture Organization AQUASTAT, сумарний обсяг водних ресурсів України становить близько 175,3 км³ на рік, із яких лише приблизно 55,1 км³ формується безпосередньо в межах території держави, тоді як решта надходить із суміжних країн у вигляді транзитного стоку.

До кінця 1980-х років обсяги водоспоживання в Україні характеризувалися стійкою тенденцією до зростання і досягали 29–30 км³ на рік. Майже половина цього обсягу використовувалася у промисловості, тоді як близько третини припадало на сільське господарство, насамперед на потреби зрошення. Економічна криза 1990-х років спричинила різке скорочення водоспоживання — більш ніж утричі. Упродовж останніх років цей показник стабілізувався на рівні близько 10–10,5 км³ на рік. Одночасно істотно знизилися темпи гідротехнічного будівництва: сумарний об'єм водосховищ і ставків за останні десятиліття збільшився лише на 2,8 %. Незважаючи на скорочення обсягів водокористування, проблема забезпечення населення та економіки водними ресурсами належної якості залишається надзвичайно гострою.

У сучасних умовах кліматичної зміни та зростання дефіциту водних ресурсів особливого значення набуває пошук природоорієнтованих технологій стабілізації водних ресурсів (Nature-Based Solutions, NBS), спрямованих на стабілізацію водного режиму територій, підвищення водності річок та збільшення ресурсів підземних вод. На відміну від традиційних інженерних підходів, природоорієнтовані технології базуються на відновленні або імітації природних гідрологічних процесів і забезпечують комплексний екологічний ефект, поєднуючи функції регулювання поверхневого та підземного стоку, зменшення ерозії, покращення якості вод та підтримання біорізноманіття. У сучасній міжнародній літературі такі підходи розглядаються як один із ключових інструментів адаптації водного господарства до кліматичної зміни.

Однією з найбільш поширених природоорієнтованих технологій є заліснення водозбірних басейнів. Лісові екосистеми істотно впливають на формування водного балансу території завдяки підвищенню інфільтраційної здатності ґрунтів, зменшенню поверхневого стоку та посиленню підземного стоку. Кореневі системи дерев формують додаткову проникність ґрунтів, а лісова підстилка сприяє акумуляції вологи та зменшує інтенсивність ерозійних процесів. Унаслідок цього збільшується частка атмосферних опадів, що переходить у підземне живлення, та стабілізується стік річок у меженний період. Водночас сучасні дослідження підкреслюють необхідність оптимізації просторового розміщення лісових насаджень, оскільки надмірне або невдало локалізоване заліснення може призводити до підвищення транспіраційних втрат і локального зменшення водних ресурсів. За результатами моделювання для європейських басейнів встановлено, що оптимізоване заліснення здатне зменшувати пікові витрати річок до 43 % при одночасному обмеженні втрат води на евтранспірацію.

Важливим напрямом природоорієнтованого управління водними ресурсами є відновлення заплав та ренатуралізація русел річок. Упродовж тривалого часу значна частина заплав була ізольована дамбами, спрямлена або осушена, що призвело до порушення природного водообміну між річками, заплавами ґрунтами та підземними водами. Відновлення природної гідроморфології річкових систем сприяє затриманню паводкових вод, збільшенню тривалості їх утримання в межах басейну та посиленню інфільтрації у водоносні горизонти. Такі заходи дозволяють підвищувати стік річок у посушливі періоди та одночасно зменшувати ризики паводків. У сучасній науковій літературі відновлення заплав розглядається як один із найбільш ефективних інструментів екосистемної адаптації водних систем до кліматичної зміни.

Значний потенціал для стабілізації водних ресурсів мають водно-болотні угіддя. Болота та заболочені заплави виконують функції природних акумуляторів води, здатних затримувати поверхневий стік, накопичувати вологу та поступово віддавати її у річкову мережу й підземні горизонти. У сучасних дослідженнях встановлено, що водно-болотні угіддя можуть істотно зменшувати тривалість та інтенсивність посух, підтримувати рівні ґрунтових вод і одночасно покращувати якість води завдяки природним процесам фільтрації та біогеохімічного очищення. Ефективність водно-болотних екосистем визначається їхньою площею, типом рослинності, гідрологічними умовами та розташуванням у межах басейну.

Перспективною природоорієнтованою технологією є штучне поповнення підземних вод (Managed Aquifer Recharge, MAR). Ця технологія передбачає спрямоване переведення частини поверхневого стоку у підземне живлення шляхом використання інфільтраційних басейнів або інших споруд, що імітують природні процеси інфільтрації. MAR дозволяє накопичувати паводкові та сезонні води у водоносних горизонтах і використовувати їх у посушливі періоди для підтримання водності річок та забезпечення водопостачання. Особливо перспективним цей підхід є для посушливих та напівпосушливих регіонів із нестабільним поверхневим стоком.

Окрему групу природоорієнтованих технологій становлять прибережні буферні смуги. Формування захисних лісових і чагарникових смуг уздовж річок сприяє зменшенню ерозії берегів, уповільненню поверхневого стоку та покращенню інфільтрації атмосферних опадів. Крім того, такі екосистеми виконують функцію біогеохімічних бар'єрів, затримуючи надходження забруднюючих речовин із сільськогосподарських угідь до водних об'єктів. У результаті підвищується не лише кількість, а й якість підземних вод.

У сучасних дослідженнях також значна увага приділяється ролі природних біоінженерних процесів у регулюванні водності річок. Зокрема, встановлено, що боброві греблі здатні суттєво збільшувати затримання води в межах басейнів, підвищувати рівні ґрунтових вод, збільшувати площі заболочення та підтримувати водність малих річок у меженний період. Такі природні структури виконують функцію мікрорезервуарів, що забезпечують уповільнення стоку та підсилення живлення водоносних горизонтів.

Таким чином, сучасна наукова література свідчить, що природоорієнтовані технології є перспективним напрямом стабілізації водних ресурсів в умовах кліматичної зміни. Для території України, де прояв кліматичної зміни відбувається більш інтенсивно, ніж у інших країнах Європи, найбільш ефективними є комплексні підходи, які поєднують оптимізацію лісистості, відновлення заплав, створення водно-болотних угідь, штучне поповнення підземних вод та ренатуралізацію річкових систем. Реалізація таких заходів забезпечує підвищення інфільтрації атмосферних опадів, збільшення живлення підземних вод, стабілізацію стоку річок і покращення якості водних ресурсів, що має важливе значення для забезпечення екологічної безпеки та стійкого водопостачання територій.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА СТАН ПОВІТРЯ НА ТЕСТОВІЙ ДІЛЯНЦІ ТРАСИ М-03

Цуранов В.О., здобувач гр. ПЕО-22д, Мохонько В.І., к. геол. н., доцент
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Сучасна транспортна інфраструктура України, зокрема, магістраль міжнародного значення М-03 (Київ — Харків — Довжанський), є вагомим чинником техногенного навантаження на довкілля. Оскільки автотранспорт виступає одним із основних джерел забруднення приземного шару атмосфери, дослідження екологічного стану придорожніх територій набуває особливої актуальності. Це зумовлено не лише інтенсивністю руху, а й постійним зростанням частки транзитного транспорту, що негативно впливає на якість повітря в зоні впливу автомобільної дороги.

Метою дослідження є комплексна екологічна оцінка впливу транспортних потоків на стан атмосферного повітря на контрольній ділянці траси М-03. Для досягнення цієї мети було поставлено завдання визначити параметри транспортного потоку, розрахувати масові викиди забруднюючих речовин та змодельовати їх поширення залежно від метеорологічних умов.

Методологія дослідження базується на поєднанні натурних спостережень і математичного моделювання. На першому етапі було проведено візуально-рахунковий облік транспортних засобів безпосередньо на тестовій ділянці траси. Спостереження здійснювалися у різні періоди доби, що дозволило зафіксувати як пікові навантаження, так і середньодобову інтенсивність руху. Весь потік було розділено на категорії: легкові автомобілі, автобуси та вантажний транспорт різної вантажопідйомності.

Результати моніторингу підтвердили високу інтенсивність руху, яка в години пік сягала 2600–2800 транспортних одиниць за годину (табл.1). Значну частину потоку (близько 30%) становлять вантажні автомобілі, що є критичним фактором, оскільки саме вони формують основну масу найбільш токсичних викидів.

Таблиця 1 – Структура та інтенсивність транспортного потоку на ділянці траси М-03

Категорія транспортних засобів	Частка у потоці, %	Інтенсивність (год пік), од./год	Основний вид пального
Легкові автомобілі	60%	1560–1680	Бензин / Газ
Автобуси та мікроавтобуси	10%	260–280	Дизель / Газ
Вантажний транспорт	30%	780–840	Дизель
Всього	100%	2600–2800	—

Для оцінки потужності емісії забруднювачів використано формулу визначення масового викиду забруднюючої речовини (M_i , г/с) для лінійної ділянки дороги:

$$M_i = \frac{1}{3600} \cdot \sum_{j=1}^n (q_{ij} \cdot N_j \cdot L \cdot k_{\text{cor}}),$$

де q_{ij} - питомий викид i -ї речовини автомобілем j -ї групи (г/км);

N_j - інтенсивність руху;

L - довжина ділянки (1 км);

k_{cor} - коефіцієнт технічного стану автопарку.

У ході розрахунків було встановлено, що сумарний масовий викид оксидів азоту (NO_x) на досліджуваній ділянці складає 1,45 г/с, оксиду вуглецю (CO) - понад 8,2 г/с, а діоксиду сірки (SO_2) та сажі – 0,15 г/с та 0,08 г/с відповідно (табл.2).

Таблиця 2 - Масові викиди забруднюючих речовин від різних видів автотранспорту на тестовій ділянці траси М-03

Вид транспорту	Масовий викид забруднювачів, г/с			
	CO	NO _x	SO ₂	Сажа
Легкові автомобілі	5,10	0,32	0,02	0,01
Автобуси та мікроавтобуси	0,95	0,28	0,03	0,01
Вантажний транспорт	2,15	0,85	0,10	0,06
Сумарний викид	8,20	1,45	0,15	0,08

Аналіз отриманих даних підтвердив, що найбільшу екологічну небезпеку становлять викиди CO та NO_x, які є характерними продуктами згоряння дизельного пального вантажних автомобілів.

Для оцінки поширення цих речовин застосовано математичне моделювання на основі моделі Гауссового розсіювання для лінійного джерела. Було встановлено, що процес розсіювання домішок безпосередньо залежить від швидкості та напрямку вітру.

Підтвердженням ризику забруднення повітря у зоні, прилеглій до траси, є розрахункові дані розсіювання NO₂: за несприятливих метеоумов (штиль, швидкість вітру $u < 1$ м/с) концентрація діоксиду азоту (NO₂) на відстані 50 метрів від полотна дороги сягає 0,18–0,22 мг/м³, що у 2,1–2,5 рази перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК). Моделювання підтвердило, що зона активного впливу автодороги, де концентрації шкідливих речовин залишаються вище норми, сягає 150–200 метрів від полотна.

Наукова та практична значимість отриманих результатів полягає у можливості оперативної оцінки та прогнозування екологічних ризиків без проведення постійних інструментальних вимірювань. Використання розрахункових методів дозволяє ідентифікувати найбільш небезпечні періоди та зони забруднення. Отримані дані можуть бути використані для розробки природоохоронних заходів, зокрема, проєктування захисних зелених насаджень та встановлення екологічних екранів (табл.3).

Таблиця 3 – Заходи зі зниження техногенного навантаження на придорожні території

Напрямок	Опис заходу	Очікуваний ефект
Технічний	Встановлення екологічних (шумопилозахисних) екранів	Зниження концентрації сажі та пилу на 30–40%
Біологічний	Створення багаторуслих захисних лісосмуг	Поглинання CO ₂ та фільтрація оксидів азоту
Організаційний	Моніторинг технічного стану автопарку (k_{cor})	Зменшення питомих викидів на одиницю транспорту

Проведене дослідження підтверджує високий рівень техногенного навантаження на довкілля у зоні впливу траси М-03. Найбільш вразливими є ділянки в радіусі 200 метрів від дороги. Значне техногенне навантаження на приземний шар атмосферного повітря у районі траси потребує впровадження заходів з екологізації транспортної мережі та моніторингу стану придорожніх територій.

USE OF BIOMASS FOR PHARMACEUTICS: THE LATEST TRENDS

Olena Korchuganova, PhD, postdoc researcher

University of Cordoba, Spain

The use of biomass as a feedstock for chemical and pharmaceutical production is consistent with the seventh principle of Green Chemistry, which states that “raw materials should be renewable,” as emphasized by Roger Sheldon. In particular, the utilization of non-food lignocellulosic biomass, commonly known as second-generation biomass, is regarded as a more sustainable and environmentally friendly approach. Renewable plant-based feedstocks help minimize environmental impact because they are inherently biocompatible and biodegradable.

The pharmaceutical industry encompasses a broad spectrum of products, with active pharmaceutical ingredients (APIs) serving as the key components of medicinal formulations. A considerable share of pharmaceuticals is derived from plant-based raw materials. Among these, non-food agricultural and forestry residues are especially attractive due to their abundant availability. This type of material, referred to as lignocellulosic biomass, varies widely in origin but generally consists of three major biopolymers: cellulose, hemicellulose, and lignin. Continuous advances in the processing and valorization of these components are expanding the availability of environmentally friendly raw materials for pharmaceutical applications.

Biomass processing can be broadly categorized into three main approaches: biocatalytic, chemocatalytic, and chemical modification of biopolymers. Through these methods, biomass can be transformed into valuable platform molecules and intermediates for chemical synthesis via catalytic processes. The development of advanced catalytic technologies and highly selective catalysts plays a pivotal role in enhancing the sustainability of fine organic synthesis used in API production.

Progress in catalytic technologies also supports the second principle of Green Chemistry: “Synthetic methods should be designed to maximize the incorporation of all materials used in the process into the final product.” In recent years, the development of heterogeneous catalysts has increasingly focused on catalysts containing ultra-small active sites, known as single-atom catalysts. These materials are considered highly efficient and stable. Traditionally, fine organic synthesis has been performed in batch reactors, particularly in the pharmaceutical sector, where API production is often carried out on a relatively small scale. However, the application of heterogeneous catalysts facilitates the transition toward continuous manufacturing processes for active pharmaceutical ingredients.

Particular attention has been directed toward the use of lignin as a renewable source of intermediates for API synthesis. Because lignin already contains many functional groups present in target intermediates, its conversion into complex organic compounds may require less energy than conventional petroleum-based feedstocks, which primarily consist of hydrocarbons.

Overall, the efficient utilization of biopolymer-derived raw materials, combined with the application of selective nano-catalysts and the transition to continuous automated manufacturing processes, can significantly contribute to the advancement of greener and more sustainable pharmaceutical production.

ISOTHERMAL SECTION OF THE Al-Nd-Ni SYSTEM AT 1000°C

Cherniak M., Fartushna I. doctor of chemical sciences, senior researcher, Koval O. candidate of physico-mathematical sciences, senior researcher

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Science of Ukraine

The Al-Ni-R (R – rare earth) systems represent practical and fundamental interest in the entire composition range. One of the reasons is formation of ternary compounds, which show excellent conductivity and magnetic properties, corrosion resistance, thermal stability, processability. Thus, the metamagnetic RNiAl₄ family exhibits a range of interesting magnetic behaviors [1]. NdNiAl₄ has received significant attention due to its contrasting magnetic anisotropy, which is very important in the designing permanent magnets. RNiAl compounds possess large magnetocaloric effect (MCE) and magnetoresistance (MR). Their magnetic ordering temperatures vary from low temperatures to about ~510 K. Depending on the crystal structure, they show a variety of magnetic and electrical properties. Most compounds of this family are metamagnetic [2]. Ternary R₂Ni₂Al compounds exhibit extremely rapid hydrogen absorption already at room temperature, accompanied by lattice expansion [3]. The main aims of this work to propose the original experimental isothermal section of the Al-Nd-Ni phase diagram at 1000°C in the whole concentration range based on detailed study of structure and chemical composition of phases present in Al-Nd-Ni alloys, annealed for long time.

The samples weighing 2-10 g were prepared from pure bulk components Al (99.995%), Nd (99.9%) and Ni (99.9%) by arc melting in a furnace with a non-consumable tungsten electrode on a water-cooled copper hearth under purified argon atmosphere (99.998 %). Samples for microstructure analysis were prepared with grinding and polishing machines. The microstructure was then studied using scanning electron microscopes (SEM) JEOL JSM-6490L and Axia ChemiSEM, equipped with an energy dispersive spectrometer (EDS) detector in back-scattered electrons. X-ray diffraction (XRD) was performed on a DRON-3.0 and Rigaku diffractometers using CuK α -filtered radiation in the 2 θ range from 10 to 120°. The phases were determined by comparing diffraction patterns with the literature or calculated patterns using the PowderCell software package. Rietveld analysis was performed and the mass fraction of each phase was determined using the PowderCell software package.

To study phase equilibria in the Al-Nd-Ni system at 1000°C, the alloys were annealed for 30 hours - 1 month. By analyzing the XRD patterns and SEM-EPMA data of annealed samples, and identifying the phases present in each sample, phase equilibria in the Al-Nd-Ni ternary system at 1000°C were determined and the isothermal section was constructed, as shown in Fig. 1. Since at 1000°C, the Nd₂Ni₁₇, NdNi, Nd₇Ni₃, Nd₃Ni, NiAl₃, NdAl, Nd₂Al and Nd₃Al phases do not exist, the isothermal section contains two wide areas of the melt locating in the Nd-rich and Al-rich regions. As a result, three-phase regions as L + NdNi₃ + Nd₂Ni₇, L + Nd₂Ni₇ + NdNi₅, L + τ_5 + NdNi₅, L + τ_5 + NdAl₂, L + τ_2 + β Nd₃Al₁₁, L + τ_1 + τ_2 and L + τ_1 + Ni₂Al₃ involve a liquid phase. The boundaries of the liquid phase domains, as well as three-phase fields with its participation, are plotted based on a series of isopleths.

Five ternary compounds Al₂₃Nd₄Ni₆ (τ_1 , Y₄Ni₆Al₂₃ type structure), Al₄NdNi (τ_2 , YNiAl₄ type structure), Al₅NdNi₂ (τ_3 , PrNi₂Al₅ type structure), Al₁₄Nd₃Ni₇ (τ_4 , Al₁₄Gd₃Ni₇ type structure) and Al₂NdNi (τ_5 , MgCuAl₂ type structure) were identified in the system at 1000°C. All of them are located in the aluminum corner of the system and do not show noticeable areas of homogeneity.

Significant amounts of the third component dissolves into some of the binary-based intermetallic phases, as shown in Fig.1. The homogeneity ranges of the phases were determined

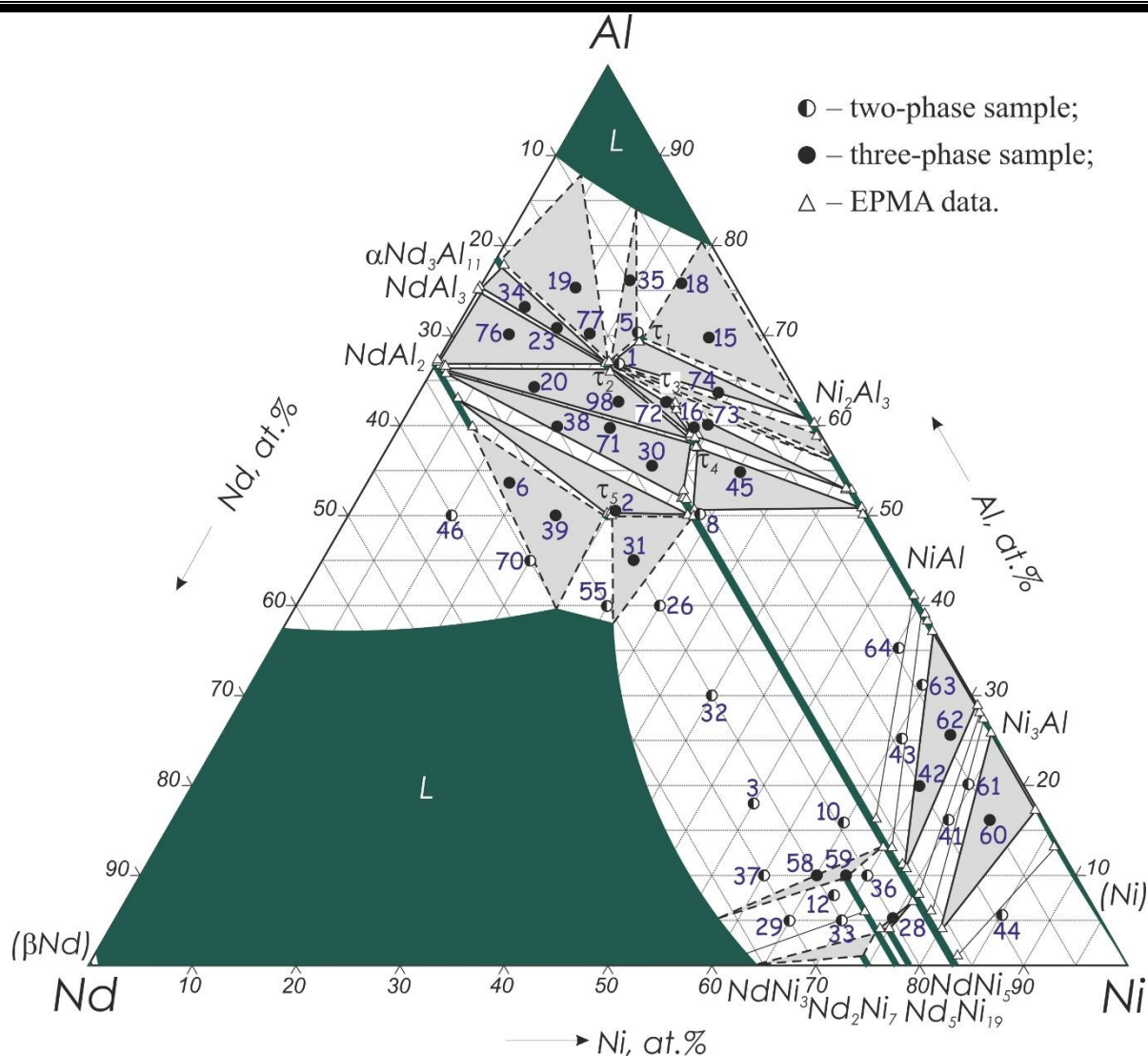


Fig. 1. Isothermal section of the Al-Nd-Ni system at 1000°C.

using EPMA. A solid solubility of Ni of 1.2 at.% and 7.0 at.% has been observed in the $\alpha\text{Nd}_3\text{Al}_{11}$ and NdAl_2 phases, respectively. No solubility of Ni was detected in the NdAl_3 phase. A solid solubility of Nd in Al-Ni phases does not exceed 1 at.%. Among Ni-Nd binary compounds, very extended ternary solid solution derives from the NdNi_5 phase, which, according to EPMA results, dissolves 52 at. % Al. The solubility of Al in the $\text{Nd}_5\text{Ni}_{19}$ and Nd_2Ni_7 phases was found to be 4.1, and 9.8 at.%, respectively. The homogeneity regions of all these phases show a constant Nd content. The Al solubility in the NdNi_3 phase is still uncertain.

Acknowledgments. This research was supported by Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Science of Ukraine, No. 0125U000610.

References

1. Toliński, T., Falkowski, M., Synoradzki, K., Hoser, A., & Stüßer, N. (2012). Magnetocaloric effect in the ferromagnetic GdNi_4M ($\text{M} = \text{Al}, \text{Si}$) and antiferromagnetic NdNiAl_4 compounds. *Journal of alloys and compounds*, 523, 43-48.
2. Gupta, S., & Suresh, K. G. (2015). Review on magnetic and related properties of RTX compounds. *Journal of Alloys and Compounds*, 618, 562-606.
3. Miliyanchuk, K., Havela, L., Tsaruk, Y., Mašková, S., & Gladyshevskii, R. (2015). Hydrogen absorption in $\text{R}_2\text{T}_2\text{M}$ compounds with the W_2CoB_2 -type structure. *Journal of Alloys and Compounds*, 647, 911-916.

BINARY Nd-Ni SYSTEM: NEW COMPOUND AND REVISION OF THE PHASE DIAGRAM

Cherniak M.¹, Fartushna I.¹ doctor of chemical sciences, senior researcher, Agraval P.² doctor of chemical sciences, docent, Bulanova M.¹ doctor of chemical sciences, senior researcher, Turchanin M.² doctor of chemical sciences, professor

¹*Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Science of Ukraine*

²*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine*

Intermetallic compounds of rare earth elements (R) with transition metals (TM) are of particular interest due to their potential application as highly demanded functional materials for permanent magnets, magnetic refrigeration, hydrogen-storage, catalysis, superconducting devices [1]. Thus, binary compounds RNi_5 (R = light rare earth) are exchange enhanced Pauli paramagnets at all temperatures [1]; RNi_5 , R_5TM_{19} , R_2TM_7 and RNi_2 were extensively studied for hydrogen storage [2]; $MmNi_5$ compounds (Mm – misch metal containing La, Ce, Pr and Nd) were used as a negative electrode material in nickel-metal hydride (Ni-MH) batteries; RNi and RNi_2 show excellent low-temperature magnetocaloric effect and are of great significance for low-temperature magnetic refrigeration technology [3]. R-TM phase diagrams is a theoretical background for elaboration and the properties control of the above alloys. However, available data on phase equilibria in these systems are limited or contradictory. Thus, this study continues the series of our studies of the R-TM systems ($TM = Fe, Co, Ni$; $R = La, Ce, Sm, Ho, Er, Tm, Lu$). It is aimed at experimental study of the Nd-Ni system in the entire composition range. The results will be used for further experimental studies and thermodynamic modelling of multicomponent systems, with a view to practical applications in the modern industry.

The samples weighing 2-10 g were prepared from pure bulk components Nd (99.9%) and Ni (99.9%) by arc melting in a furnace with a non-consumable tungsten electrode on a water-cooled copper hearth under purified argon atmosphere (99.998 %). Samples for microstructure analysis were prepared with grinding and polishing machines. The microstructure was then studied using scanning electron microscopes (SEM) JEOL Superprobe-733, equipped with a wavelength dispersive X-ray spectroscopy (WDX) system, JEOL JSM-6490L and Axia ChemiSEM, equipped with an energy dispersive spectrometer (EDS) detector in back-scattered electrons. The DTA/DSC study was carried out using the VDTA-8 and NETZSCH DSC 404 F1 Pegasus devices to determine the phase transformation temperatures. The commercial alumina crucibles were used. The measurements were carried out at a heating/cooling rate of 5-40°C/min. X-ray diffraction (XRD) was performed on a Rigaku diffractometer using $CuK\alpha$ -filtered radiation in the 2θ range from 10 to 120°. The phases were determined by comparing diffraction patterns with the literature or calculated patterns using the PowderCell software package. Rietveld analysis was performed and the mass fraction of each phase was determined using the PowderCell software package.

The Nd-Ni system was studied in the whole concentration region basing on experimental results from as-cast and annealed at 600°C / 1 month alloys of 20 compositions. The resulting phase diagram is shown in Fig. 1. The existence of intermetallic compounds Nd_2Ni_{17} , $NdNi_5$, Nd_2Ni_7 , $NdNi_3$, $NdNi_2$, $NdNi$, Nd_7Ni_3 and Nd_3Ni , was confirmed. Furthermore, the crystal structure of the binary compound Nd_5Ni_{19} was established as a rhombohedral Ce_5Co_{19} -type structure ($hR72-R-3m$) with the lattice parameters $a = 5.0051$, $c = 48.5302 \text{ \AA}$. It was first established that Nd_5Ni_{19} is formed through a peritectic reaction $L + NdNi_5 \rightleftharpoons Nd_5Ni_{19}$ at 1211°C (Fig. 2). The $NdNi_5$, $NdNi$, Nd_7Ni_3 and Nd_3Ni compounds melt congruently at 1402, 806, 604 and 620°C, while the remaining form by peritectic reactions. The Nd_2Ni_{17} compound is stable in a narrow temperature range of between 1250 to 1300°C. The Nd_2Ni_7 compound exists in two polymorphic modifications: with the rhombohedral structure of the Gd_2Co_7 type (high temperature modification) and with the hexagonal

structure of the Ce_2Ni_7 type (low temperature modification) however, the transformation temperature is unknown.

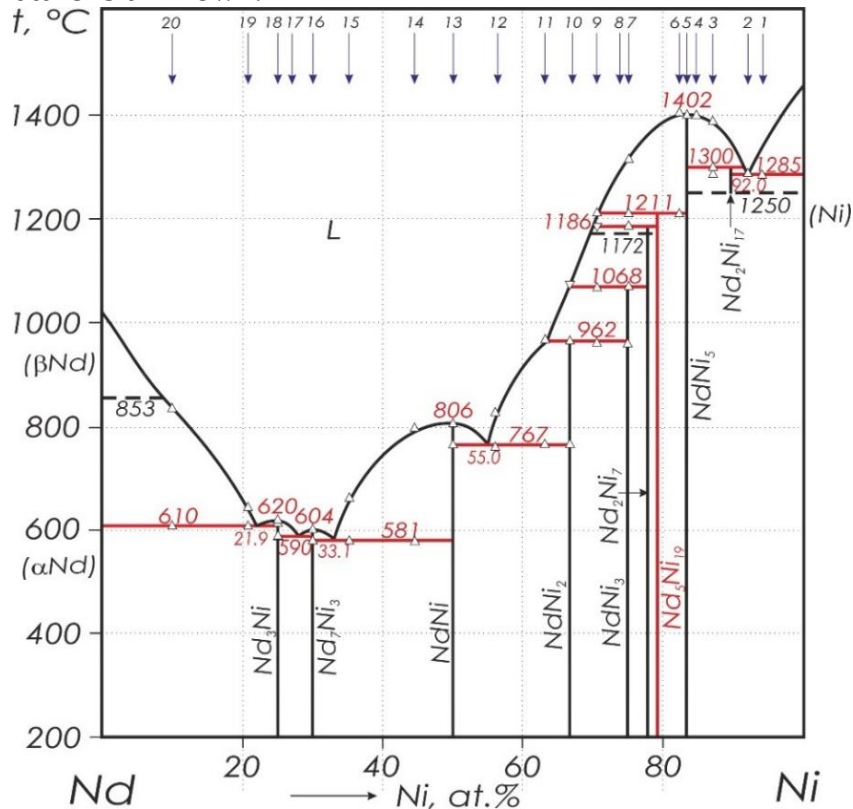


Fig. 1. Experimental Nd-Ni phase diagram due to the results of this study:
 Δ – DTA data, $\downarrow$ – composition of alloys.

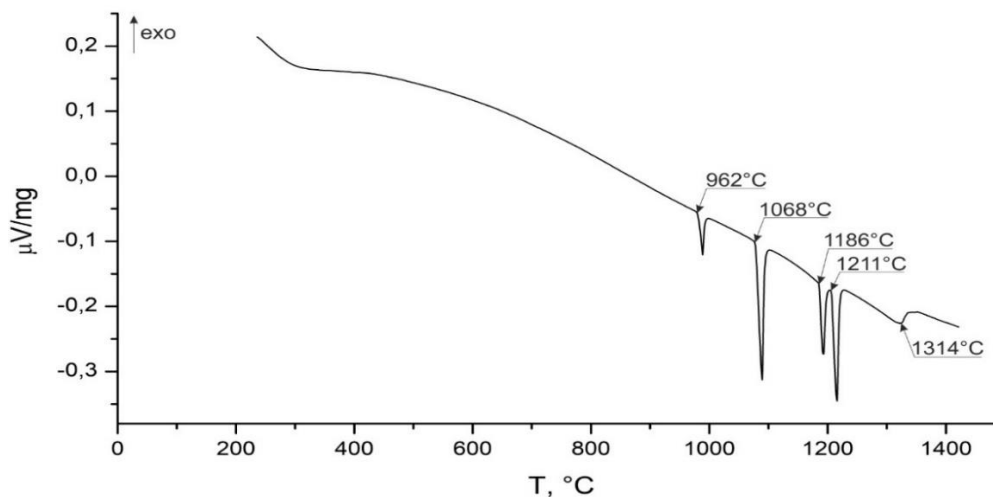


Fig. 2. The DTA heating curve of the as-cast alloy 27Nd-73Ni

Acknowledgments. This research was supported by Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Science of Ukraine, No. 0125U000610.

References

1. Buschow K.H.J. Intermetallic compounds of rare-earth and 3d transition metals. Rep. Prog. Phys. 40 (10) (1977) 1179-1256.
2. Lemort L., Latroche M., Knosp B., Bernard P. Elaboration and characterization of unreported $(\text{Pr},\text{Nd})_5\text{Ni}_{19}$ hydrides. Journal of alloys and compounds, 509 (2011) S823-S826.
3. Romero-Muñiz C., Law J.Y., Revuelta-Losada J., Moreno-Ramírez L.M., Franco V. Magnetocaloric materials for hydrogen liquefaction. The Innovation Materials. 1(3) (2023) 100045-1.

PHASE DIAGRAM OF THE Al-Ti-V SYSTEM

Cherniak M., Fartushna I. doctor of chemical sciences, senior researcher, Bulanova M. doctor of chemical sciences, senior researcher

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Science of Ukraine

Al-Ti-V alloys are widely used in the aerospace industry to manufacture aircraft components and in medical engineering for implants, prostheses and dental structures due to their low density, high strength and excellent corrosion resistance [1-4]. One of the most common titanium alloys is the Ti-6Al-4V (wt.%) alloy [4]; it has a wide range of applications, and accounts for half of the total production of titanium alloys. Numerous studies have reported that the addition of V can enhance the mechanical properties of TiAl-based alloys [1-3]. The properties of these alloys depend on their composition and the manner in which they are heat treated. Meanwhile, the Al-Ti-V system constructed to date raises a number of questions, which makes it necessary to carry-out additional experimental study.

The samples weighing 1-3 g were prepared from pure bulk components Al (99.995%), Ti (99.98%) and V (99.9%) by arc melting in a furnace with a non-consumable tungsten electrode on a water-cooled copper hearth under purified argon atmosphere (99.998 %). To achieve homogeneity, the buttons were turned over and remelted four times. Almost all of the prepared samples were subjected to subsolidus annealing (about 10-20°C below the solidus temperature). The as-cast and annealed samples were studied by differential thermal analysis (DTA), X-ray diffraction (XRD), metallography and electron probe microanalysis (EPMA). Samples for microstructure analysis were prepared with grinding and polishing machines. The microstructure was then studied using scanning electron microscopes (SEM) TESCAN VEGA 3 and Axia ChemiSEM, equipped with an energy dispersive spectrometer (EDX) detector in back-scattered electrons. The DTA study was carried out using the VDTA-8 device to determine the phase transformation temperatures. The commercial alumina crucibles were used. The measurements were carried out at a heating/cooling rate of 5-40°C/min. X-ray diffraction (XRD) was performed on a DRON-3.0 diffractometer with $\text{CoK}\alpha$ -filtered radiation. The phases were determined by comparing diffraction patterns with the literature or calculated patterns using the PowderCell software package. Rietveld analysis was performed and the mass fraction of each phase was determined using the PowderCell software package.

Based on the research results, liquidus and solidus projections of the Al-Ti-V system were constructed in the entire concentration range. It was shown that the system is characterized by a wide homogeneity region of the ($\beta\text{Ti,V}$) continuous solid solution, which undergo ($\beta\text{Ti,V}$) $\leftrightarrow$ (αTi) $\leftrightarrow$ Ti_3Al transformations in a region adjacent to the Al-Ti side. Isostructural compounds TiAl_3 and VAl_3 form a continuous solid solution (Ti,VAl_3) (TiAl_3 -type structure, $tI8-I4/mmm$) in a wide temperature range, where Ti predominately replaces V. The TiAl (γ), $\text{Ti}_5\text{Al}_{11}$ and (αTi) phases have a significant solubility of V. According to EPMA, (αTi) dissolves 31 at.% V. The solubility of V in the TiAl (γ) and $\text{Ti}_5\text{Al}_{11}$ phases was measured as 18 at.%. The V_5Al_8 phase dissolves at least 10 at.% Ti. The homogeneity regions of the remaining vanadium aluminides do not exceed 1 at. %.

The liquidus projection of the system is characterized by the presence of ten primary crystallization fields of binary-based phases V_2Al_{21} , V_7Al_{45} , V_4Al_{23} , (Ti,VAl_3), V_5Al_8 , TiAl and $\text{Ti}_5\text{Al}_{11}$, and component based solid solutions (Al), (αTi) and ($\beta\text{Ti,V}$), separated by appropriate curves of joint crystallization and participating in seven four-phase invariant equilibria. The primary region ($\beta\text{Ti,V}$) dominates in the system.

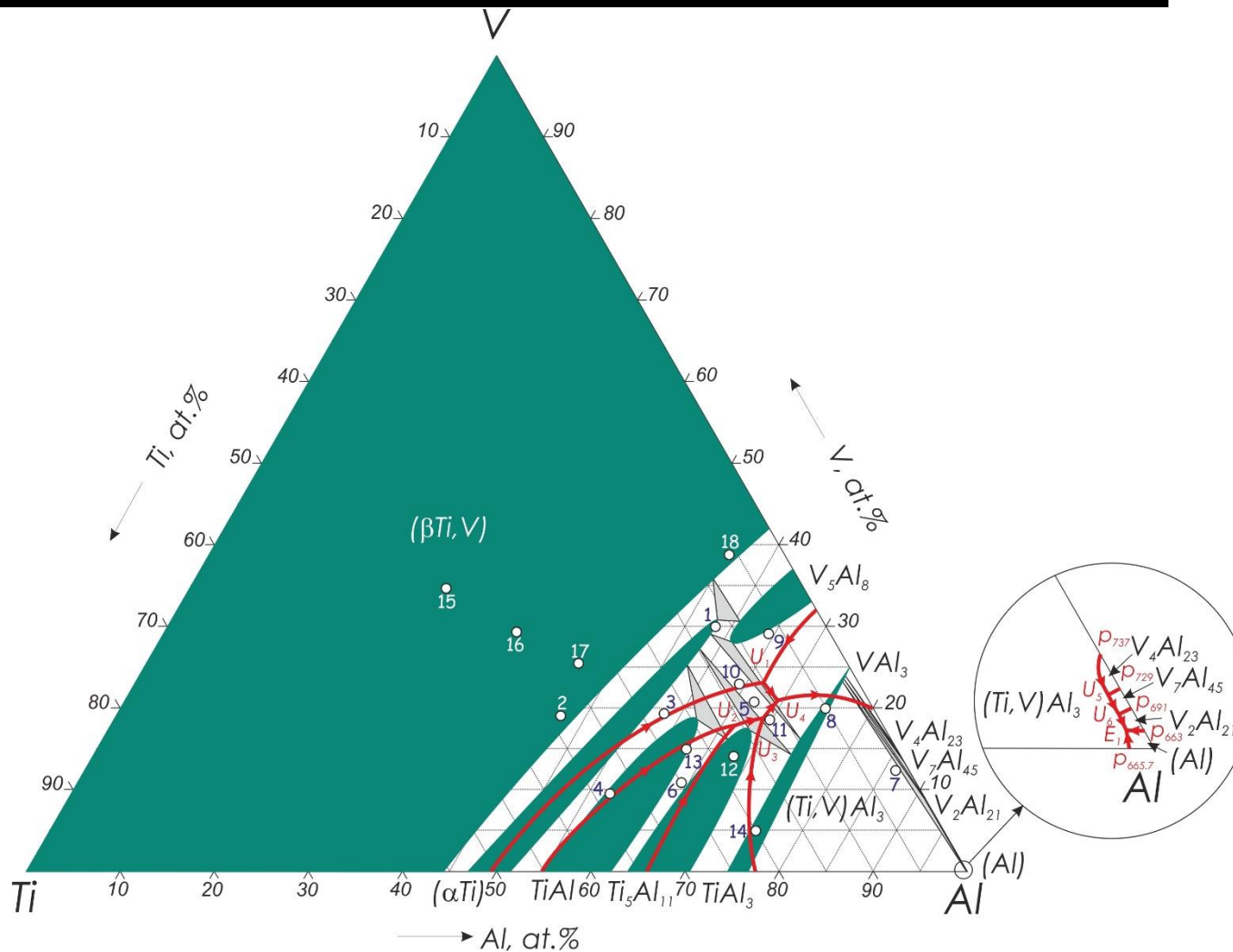


Fig. 1. Liquidus and solidus projections of the Al-Ti-V system:
○ – composition of alloys

The solidus projection of the system is characterized by the appearance of the following seven three-phase regions: $(\beta\text{Ti,V}) + (\alpha\text{Ti}) + \text{V}_5\text{Al}_8$, $(\alpha\text{Ti}) + \text{V}_5\text{Al}_8 + (\text{Ti,V})\text{Al}_3$, $(\alpha\text{Ti}) + \text{TiAl} + \text{Ti}_5\text{Al}_{11}$, $(\alpha\text{Ti}) + \text{Ti}_5\text{Al}_{11} + (\text{Ti,V})\text{Al}_3$, $\text{V}_4\text{Al}_{23} + (\text{Ti,V})\text{Al}_3 + \text{V}_7\text{Al}_{45}$, $\text{V}_7\text{Al}_{45} + (\text{Ti,V})\text{Al}_3 + \text{V}_2\text{Al}_{21}$ and $(\text{Ti,V})\text{Al}_3 + \text{V}_2\text{Al}_{21} + (\text{Al})$ and corresponding two-phase regions. The three-phase region $(\text{Ti,V})\text{Al}_3 + \text{V}_2\text{Al}_{21} + (\text{Al})$ is formed by a four-phase invariant eutectic reaction $\text{L} \rightleftharpoons (\text{Ti,V})\text{Al}_3 + \text{V}_2\text{Al}_{21} + (\text{Al})$, while the remaining three-phase regions are formed by transition-type reactions.

Acknowledgments. This research was supported by Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Science of Ukraine, No. 0125U000610.

References

1. Zhou W., Shen C., Hua X., Wang L., Zhang Y., Li F., Xin J., Ding, Y. The effect of vanadium on the microstructure and mechanical properties of TiAl alloy fabricated by twin-wire directed energy deposition-arc. *Additive Manufacturing*, 62 (2023) 103382.
2. Huang S.C., Hall E.L. Characterization of the effect of vanadium additions to TiAl base alloys. *Acta metallurgica et materialia*, 39(6) (1991) 1053-1060.
3. Musi M., Graf G., Clemens H., Spoerk-Erdely P. Alloying Elements in Intermetallic γ -TiAl Based Alloys—A Review on Their Influence on Phase Equilibria and Phase Transformations. *Advanced Engineering Materials*, 26(4) (2024) 2300610.
4. Azgomi N., Tetteh F., Duntu S.H., Boakye-Yiadom S. Effect of heat treatment on the microstructural evolution and properties of 3D-printed and conventionally produced medical-grade Ti6Al4V ELI alloy. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 52(8) (2021) 3382-3400.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОСТОРОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ РОЗПОДІЛУ $PM_{2.5}$ ТА PM_{10} ЯК ФАКТОР ЛАТЕНТНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я МІСЬКОГО НАСЕЛЕННЯ

Майстренко-Дудковська Я.А. здобувачка 4 курсу бакалавріату, група ПЕО-22д,
Золотарьова О. В., к.пед.н., доц.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Сучасна урбаністична парадигма вимагає докорінного перегляду підходів до оцінки екологічної безпеки міського середовища, оскільки традиційні методи моніторингу атмосферного повітря дедалі частіше демонструють свою невідповідність реальним біологічним ризикам. Основна проблема полягає у використанні усереднених загальноміських показників, які формують хибне уявлення про гомогенність забруднення. Проте дрібнодисперсні частки фракцій $PM_{2.5}$ та PM_{10} характеризуються екстремально високою просторовою варіабельністю, що зумовлює виникнення локальних зон підвищеної небезпеки.

У даному дослідженні пропонується відійти від площинного сприйняття забруднення на користь аналізу мікропросторової неоднорідності, що дозволяє ідентифікувати приховані осередки негативного впливу безпосередньо у житловій забудові. Ключовим елементом запропонованого підходу є концепція експозиційного градієнта на рівні дихання, яка пояснює латентний характер накопичення екологічної шкоди в організмі людини.

Традиційні станції моніторингу, як правило, розміщуються на значній висоті (8-10 м), що відповідає технічним вимогам до регіональних спостережень, проте абсолютно не відображає якість повітря в зоні безпосереднього вдихання, тобто на висоті приблизно півтора метра від поверхні землі. Саме в цій приземній зоні формуються так звані «мікроканьйони» – специфічні простори між будинками, у дворах-колодязях та вздовж вузьких вулиць з інтенсивним рухом. Через обмежену конвекцію повітряних мас та ефект вертикальної стратифікації концентрація часток у зоні дихання може перевищувати офіційні показники стаціонарних постів на 30-40%. Це створює ситуацію, за якої формальні звіти екологічних служб свідчать про дотримання нормативів, тоді як мешканці нижніх поверхів та пішоходи піддаються значному техногенному навантаженню.

Особлива небезпека дрібнодисперсних часток полягає в їхній фізико-хімічній природі. Якщо частки PM_{10} переважно затримуються у верхніх дихальних шляхах, ініціюючи локальні запальні процеси, то $PM_{2.5}$ мають здатність проникати глибоко в альвеоли легень і звідти потрапляти безпосередньо в системний кровотік. Цей процес супроводжується механізмом «латентного накопичення», коли тривалий вплив малих доз не викликає миттєвої реакції організму, але веде до біологічної акумуляції токсинів. Частки виступають своєрідним «Троянським конем», оскільки їхня розвинена поверхня адсорбує важкі метали, поліциклічні ароматичні вуглеводні та продукти зносу автомобільних шин. Такий хімічний синергізм посилює патогенний вплив, провокуючи хронічний оксидативний стрес, ендотеліальну дисфункцію та прискорене старіння клітин. Більше того, сучасні нейробиологічні дослідження підтверджують здатність ультрадисперсних часток досягати центральної нервової системи через нюховий епітелій, що корелює зі зростанням когнітивних порушень та нейродегенеративних захворювань серед міського населення.

Психологічний аспект цієї проблеми не менш важливий, оскільки латентний характер забруднення призводить до зниження суб'єктивного сприйняття ризику. Населення демонструє поведінкову адаптацію до невидимих загроз, ігноруючи необхідність обмеження перебування в зонах високої експозиції. Людина не відчуває миттєвого дискомфорту від високої концентрації $PM_{2.5}$, що формує ілюзію безпеки в районах, які насправді є екологічно критичними. Саме тому наукова новизна даної роботи полягає у

синергії мікропросторового аналізу, оцінки градієнта на рівні дихання та врахування факторів людської поведінки. Такий комплексний погляд дозволяє розглядати забруднення не просто як токсикологічний параметр, а як складну екосистему впливу, де топографія місцевості та архітектурне планування відіграють вирішальну роль у формуванні здоров'я нації.

Для нівелювання виявлених ризиків необхідно впроваджувати стратегії, що базуються на принципах природоорієнтованих рішень та інтелектуального управління містом. Першочерговим заходом є створення вертикальних зелених фільтрів. Замість традиційних високих дерев, чиї крони часто затримують забруднення на рівні верхніх поверхів, доцільно використовувати багаторусні насадження та густі живі огорожі з грабу або бірючини висотою до двох метрів. Такі біологічні бар'єри здатні ефективно перехоплювати пил саме в зоні дихання пішоходів. Паралельно з цим потребує модернізації система транспортного управління, де динамічна оптимізація світлофорних циклів дозволить зменшити викиди від двигунів, що працюють на холостому ходу в заторах.

Технологічний фундамент нової екологічної політики має спиратися на гіперлокальний моніторинг. Розгортання мереж бюджетних, але численних IoT-датчиків, встановлених на рівні дитячих візків та тротуарів, дозволить створити динамічну карту забруднення в режимі реального часу. Це забезпечить не лише точність наукових даних, а й належне інформування громадян про реальні умови їхнього середовища проживання. Лише через усвідомлення експозиційного градієнта та впровадження точкових захисних заходів можна досягти реального зниження захворюваності у спальних районах міст.

Врахування мікропросторової неоднорідності розподілу часток $PM_{2.5}$ та PM_{10} є не просто технічним уточненням, а необхідною умовою трансформації міського середовища у простір, що сприяє довголіттю та високій якості життя. Кумулятивний ефект від впливу дрібнодисперсних часток вимагає негайного переходу до персоналізованих стратегій екологічної безпеки, де в центрі уваги стоїть людина та її безпосередній простір існування.

Дослідження доводить, що формальне дотримання ГДК (гранично допустимих концентрацій) на загальноміському рівні не гарантує екологічної безпеки індивіда. Перехід від концепції «середньоміського повітря» до аналізу мікропросторової експозиції дозволяє:

1. Виявити приховані осередки захворюваності.
2. Коригувати містобудівну політику (розміщення дитячих садків, зон відпочинку).
3. Сформувати нову культуру екологічної поведінки населення.

APPLICATION OF DIFFERENTIAL THERMAL ANALYSIS TO PHASE TRANSFORMATIONS IN THE Lu–Fe, Lu–Co, AND Lu–Co–Fe SYSTEMS

Denys O. Kapush, candidate of chemical sciences, Sergii V. Utkin, candidate of chemical sciences, Iuliia V. Fartushna, doctor of chemical sciences, Maryna V. Bulanova, doctor of chemical sciences, senior researcher

I.M. Frantsevich Institute for Problems of Materials Science, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The compounds of heavy rare-earth (RE) elements with Fe and Co are attractive for technical use due to their unique optical, magnetic, magnetocaloric, magnetostrictive, electrical conductivity, and hydrogen-storage properties. This makes them highly valuable for various industries, including electronics, appliances, green technology, military applications, and medical devices. This work completes our study of the RE–Co–Fe systems.

Differential thermal analysis (DTA) was carried out using a VDTA-8 device (maximum temperature is up to ~2050 °C; optimal operating range is up to ~1750 °C) to investigate phase transformations in the Lu–Fe, Lu–Co, and Lu–Co–Fe systems. Samples of 0.3–0.5 g were analyzed in commercial alumina crucibles, with a tungsten reference placed in an identical crucible. Measurements were carried out under a high-purity helium atmosphere (99.998 %) at heating and cooling rates of 30–40 °C/min. The DTA cells were calibrated using the melting points of high-purity reference metals (Sn, Al, Au, Fe, and Pt). Since crystallization is typically associated with significant undercooling, the determination of phase transition temperatures was based on heating curves. The onset temperature of thermal effects during heating was taken as the invariant reaction temperature, while the peak temperature of the final thermal effect was used to determine the liquidus. The accuracy of temperature determination was < 0.5 %.

The binary system Lu–Fe has been completely revised, revealing significant differences compared to previously reported data. The binary Lu–Co and ternary Lu–Co–Fe systems have been studied for the first time.

ДІАГРАМА ПЛАВКОСТІ СИСТЕМИ Hf–Ti–Cu

Кравчук В.Ф., Сторчак А.М., Буланова М.В. д.х.н., старший науковий співробітник
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

Система Hf–Ti–Cu привертає увагу здатністю до утворення у ній об'ємних аморфних сплавів, для яких характерні висока міцність і термічна стабільність аморфного стану [1–3]. Наявні дані для цієї системи представлені переважно окремими ізотермічними перерізами при 700 і 800 °C [4] та термодинамічним описом системи методом CALPHAD [5], тому фазові співвідношення у низці концентраційних областей залишаються недостатньо експериментально дослідженими. Надійне встановлення областей існування інтерметалідних фаз потрібне як джерело опорних даних для термодинамічного моделювання багатокомпонентних сплавів [4, 5].

У цій роботі методами скануючої електронної мікроскопії (СЕМ), рентгенофазового аналізу (РФА) та локального рентгеноспектрального аналізу (ЛРСА) досліджено фазові рівноваги системи Hf–Ti–Cu.

За результатами дослідження побудовано проекції поверхонь ліквідусу та солідусу системи Hf–Ti–Cu в усьому діапазоні концентрацій, які наведено на рис. 1.

Фазові рівноваги в системі Hf–Ti–Cu визначаються характером взаємодії компонентів в обмежуючих подвійних системах Hf–Ti, Ti–Cu та Hf–Cu. У системі Hf–Ti утворюються тверді розчини на основі α - та β -модифікацій титану та гафнію. У системах Ti–Cu і Hf–Cu утворюється ряд інтерметалідних сполук, які формують відповідні поля первинної кристалізації та області рівноваг на поверхнях ліквідусу і солідусу потрійної системи [4, 5].

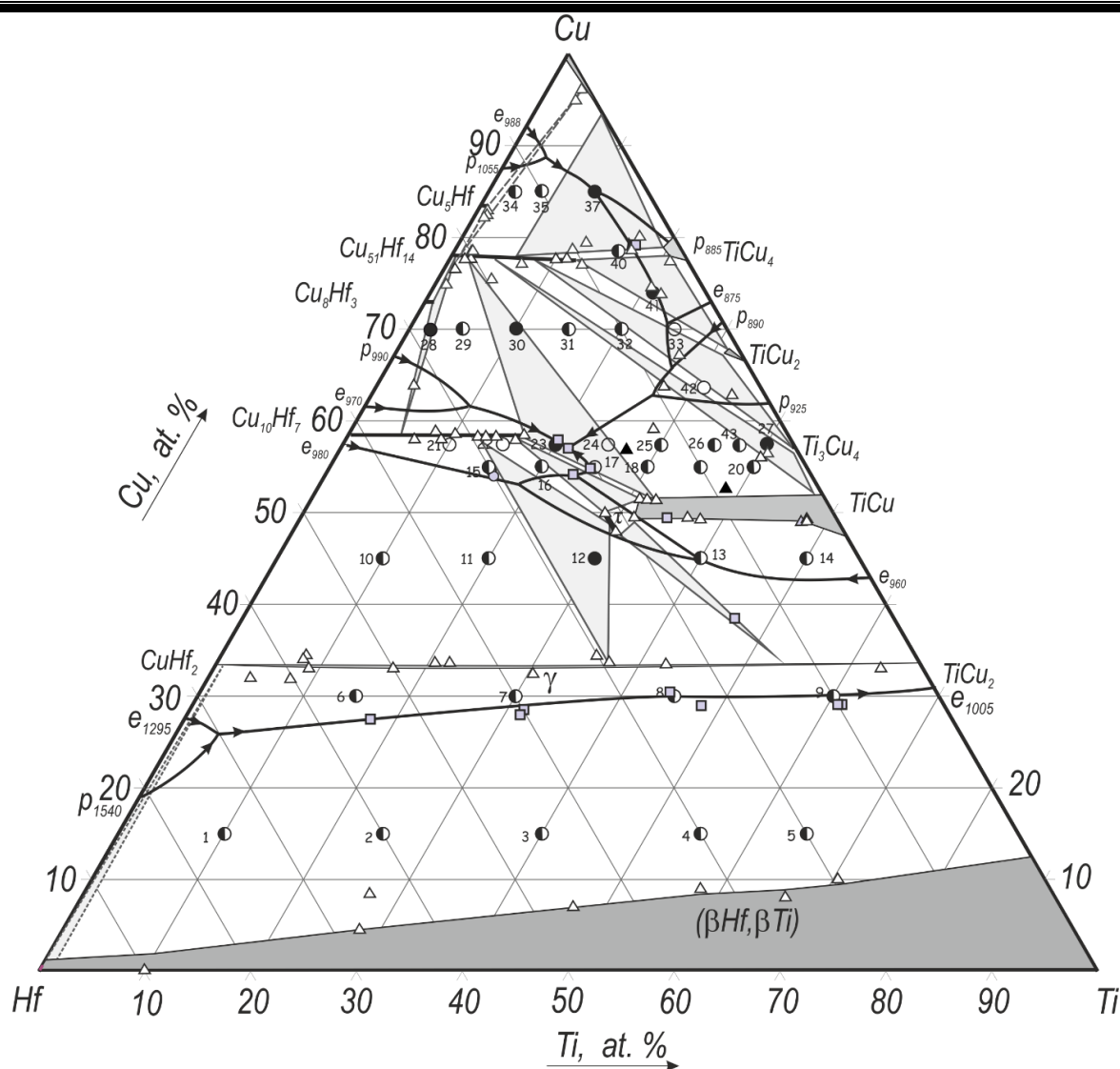


Рис. 1. Діаграма плавкості системи Hf–Ti–Cu

Поверхня ліквідусу системи Hf–Ti–Cu характеризується наявністю таких полів первинної кристалізації фаз на основі подвійних сполук: Ti_2Cu , TiCu , Ti_3Cu_4 , Ti_2Cu_3 , TiCu_2 , TiCu_4 , Cu_5Hf , $\text{Cu}_{51}\text{Hf}_{14}$, Cu_8Hf_3 , $\text{Cu}_{10}\text{Hf}_7$, CuHf_2 , а також полів первинної кристалізації твердих розчинів $\alpha(\text{Hf})$, $\beta(\text{Hf}, \text{Ti})$ та (Cu) .

Тверді розчини $\beta(\text{Hf}, \text{Ti})$, а також області гомогенності сполук CuHf_2 і TiCu_2 утворюють безперервні ряди твердих розчинів, що узгоджується з літературними даними [4, 5]. Інші сполуки мають обмежену розчинність третього компонента: $\text{Cu}_{51}\text{Hf}_{14}$ — до 12 ат. % Ti; $\text{Cu}_{10}\text{Hf}_7$ — від 0 до 17 ат. % Ti; TiCu — до 18 ат. % Hf; TiCu_4 — до 1,5 ат. % Hf; (Cu) — до 0,5 ат. % Hf. В окремій концентраційній області зафіксовано первинну фазу, яку умовно позначено як τ -фаза, склад якої не узгоджується з областями гомогенності відомих бінарних сполук, що може свідчити про утворення потрійної сполуки. Концентраційні межі її існування та кристалічна структура потребують подальшого уточнення.

Описані вище фази утворюють на поверхні солідусу такі трифазні області: $(\text{Cu}) + \text{Cu}_5\text{Hf} + \text{Cu}_{51}\text{Hf}_{14}$; $(\text{Cu}) + \text{TiCu}_4 + \text{Cu}_{51}\text{Hf}_{14}$; $\text{Cu}_{51}\text{Hf}_{14} + \text{Ti}_3\text{Cu}_4 + \text{TiCu}_2$; $\text{Cu}_{51}\text{Hf}_{14} + \text{TiCu}_4 + \text{Ti}_3\text{Cu}_4$; $\text{Cu}_{51}\text{Hf}_{14} + \text{Ti}_3\text{Cu}_4 + \text{TiCu}$; $\text{Cu}_{51}\text{Hf}_{14} + \text{Cu}_{10}\text{Hf}_7 + \text{TiCu}$; $\text{Cu}_{51}\text{Hf}_{14} + \text{Cu}_{10}\text{Hf}_7 + \text{Cu}_8\text{Hf}_3$; $\text{Cu}(\text{Hf}, \text{Ti})_2 + \text{Cu}_{10}\text{Hf}_7 + \tau$; $\text{Cu}(\text{Hf}, \text{Ti})_2 + \text{TiCu} + \tau$; $\text{Cu}_{10}\text{Hf}_7 + \text{TiCu} + \tau$; $\beta(\text{Hf}, \text{Ti}) + \alpha(\text{Hf}) + \text{Cu}(\text{Hf}, \text{Ti})_2$ та відповідні двофазні області.

Положення вершин трифазних областей, взаємну розчинність компонентів у фазах і конфігурацію меж областей гомогенності визначали за результатами ЛРСА. Межі областей гомогенності фаз уточнювали за хімічним складом фаз.

Література

1. Inoue A., Zhang W., Zhang T., Kurosaka K. High-strength Cu-based bulk glassy alloys in Cu–Zr–Ti and Cu–Hf–Ti ternary systems. *Acta Materialia*. 2001. Vol. 49, No. 14. P. 2645–2652. DOI: 10.1016/S1359-6454(01)00181-1.

2. Choi-Yim H., Conner R. D. Amorphous alloys in the Cu–Hf–Ti system. *Journal of Alloys and Compounds*. 2008. Vol. 459, No. 1–2. P. 160–162. DOI: 10.1016/j.jallcom.2007.04.264.

3. Figueroa I. A., Davies H. A., Todd I. Formation of Cu–Hf–Ti bulk metallic glasses. *Journal of Alloys and Compounds*. 2007. Vol. 434–435. P. 164–166. DOI: 10.1016/j.jallcom.2006.08.181.

4. Liu J. L., Huang X. M., Li G. H., Cai G. M., Liu H. S., Jin Z. P. Experimental investigation on phase equilibria of Cu–Ti–Hf system and performance of Cu(Ti,Hf)₂ phase. *Journal of Materials Science*. 2018. Vol. 53. P. 7809–7821. DOI: 10.1007/s10853-018-2058-1.

5. Turchanin M. A., Agraval P. G., Vodopyanova G. O. Thermodynamic Assessment of the Glass-Forming Cu–Ti–Hf System. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*. 2023. Vol. 61. P. 708–726. DOI: 10.1007/s11106-023-00358-5.

ВПЛИВ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕРМІЧНОЇ Й ХІМІЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ

Макаров В.Д., здобувач 4 курсу бакалавріату, ХТ-22д, Золотарьова О. В., к.пед.н., доц.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Забруднення пластиком є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. За даними ООН, щороку у світі виробляється понад 400 мільйонів тонн пластику, з яких лише 9% переробляється, а понад 22% стає некерованими відходами, потрапляючи у водойми, ґрунти та атмосферу. Низька швидкість біологічного розкладання (від 100 до 1000 років), накопичення та здатність пластику фрагментуватися на мікропластик роблять його глобальною загрозою для екосистем. Тому пошук ефективних методів утилізації – особливо термічних та хімічних, які можуть знешкодити відходи з отриманням енергії або вторинної сировини, – є критично важливим завданням.

1. Негативний вплив пластикових відходів на компоненти довкілля.

Вплив пластику є багатоаспектним і вражає всі рівні біосфери:

Забруднення ґрунтів. Пластикові плівки, пакети та фрагменти, що лежать на поверхні чи в товщі ґрунту, порушують його аерацію, водо- та повітропроникність. Полімери вивільняють мономер (стирол, бісфенол А) та стабілізатори, які мігрують у ґрунтовий розчин, знижуючи родючість. Мікропластик (частинки <5 мм) поглинається дощовими черв'яками та іншою едафічною фауною, порушуючи трофічні ланцюги.

Гідросфера. Пластик становить 80–85% морського сміття. У воді він абсорбує стійкі органічні забруднювачі (ПАР, пестициди, поліхлоровані біфеніли), діючи як «концентратор токсинів». Тварини (риби, морські птахи, черепахи) помилково ковтають пластик, що призводить до механічної закупорки кишечника, псевдонасичення та голодної смерті. Мікропластик виявлено навіть в Арктиці та глибоководних жолобах.

Атмосфера та клімат. Спалювання пластику на відкритих звалищах (яке часто практикується в країнах, що розвиваються) вивільняє діоксини, фурані, оксиди азоту та сажу – високотоксичні сполуки. Крім того, виробництво та утилізація пластику генерують парникові гази: за життєвим циклом поліетилену низької щільності викиди CO₂-еквіваленту сягають 6 кг на 1 кг пластику.

Біота та здоров'я людини. Наночастинки пластику здатні проникати через гематоенцефалічний бар'єр риб, викликати окислювальний стрес і запалення у ссавців. Через харчові ланцюги мікропластик із адсорбованими токсинами потрапляє до людини. Встановлено кореляцію між високим рівнем фталатів (пластифікаторів) у сечі та гормональними порушеннями.

Таким чином, пасивне складування пластику (полігони) та неконтрольоване спалювання є неприйнятними. Це змушує шукати промислові методи термічної та хімічної утилізації.

2. Термічні методи утилізації: переваги та екологічні ризики.

Термічні процеси базуються на високотемпературній деструкції полімерів. Їхня головна мета – знешкодити токсичні компоненти та отримати теплову або електричну енергію.

Спалювання в сміттєспалювальних заводах (ССЗ). Сучасні ССЗ оснащені системами очищення димових газів (електрофільтри, абсорбери діоксинів). За температури $>850^{\circ}\text{C}$ більшість органічних сполук руйнується. Переваги: значне (до 90%) зменшення об'єму відходів; утилізація енергії для опалення або виробництва електроенергії. Недоліки: утворення золи (містить важкі метали та хлориди, потребує захоронення на спеціальних полігонах); високі капітальні витрати; негативне сприйняття громадськістю.

Піроліз. Термічне розкладання пластику без доступу кисню ($400\text{--}900^{\circ}\text{C}$). Продукти: піролізна олія (суміш вуглеводнів), газ (H_2 , CH_4 , CO) і технічний вуглець. Переваги: значно менший викид токсинів порівняно зі спалюванням; можливість переробляти змішані та забруднені відходи (наприклад, багатошарові плівки). Піролізну олію можна використовувати як котельне паливо або, після очищення, як сировину для нафтохімії (циркулярна економіка). Недоліки: високе енергоспоживання; потреба в постійному складі сировини для стабільної якості олії; проблема переробки хлорвмісного пластику (ПВХ – виділяє HCl , який кородує обладнання).

Газифікація. Перетворення пластику на синтез-газ ($\text{CO}+\text{H}_2$) при температурі $>1000^{\circ}\text{C}$ з контрольованою подачею кисню/пари. Синтез-газ придатний для виробництва метанолу, дизельного пального за технологією FT (Фішера-Тропша) або для генерації електроенергії. Метод дозволяє утилізувати навіть змішані низькоякісні відходи, але є технічно складним і дорогим.

Загальна проблема термічних методів: всі вони, незважаючи на знешкодження, призводять до безповоротної втрати вуглецевого ресурсу (крім часткового випадку з піролізною олією). Тому на перший план виходять хімічні методи, які відновлюють мономер.

3. Хімічні методи утилізації: шлях до замкнутого циклу.

Хімічна переробка (також звана сировинним рециклінгом) розриває полімерні ланцюги з утворенням низькомолекулярних сполук, які можна знову полімеризувати.

Деполімеризація (сольволіз). Специфічний для конденсаційних полімерів (ПЕТ, поліуретани, поліаміди). Використовуються реакції гідролізу (вода), гліколізу (етиленгліколь) або метанолізу. Приклад: ПЕТ-пляшки під дією етиленгліколю та каталізатора розкладаються на біс(гідроксиетил)терефталат – проміжний продукт для синтезу нового ПЕТ. Технологія комерційно успішна (заводи компаній DEPRON, Garbo), дозволяє отримувати харчовий пластик з відходів.

Хімічний піроліз (каталітичний). Різновид піролізу з додаванням каталізаторів (цеолітів, Al_2O_3) для збільшення виходу легких олефінів (етену, пропену) – мономерів для виробництва поліетилену та поліпропілену. Так компанія Rynowave (Канада) розробила мікрохвильовий каталітичний піроліз для ПС (полістиролу) з конверсією до стирулу.

Розчинення з подальшим осадженням (фізико-хімічний метод). Полімер вибірково розчиняють у відповідному розчиннику (толуол, лимонен), відфільтровують домішки, потім осаджують чистий полімер. Метод ефективний для сумішей (наприклад, відділення ПП від ПЕТ), але потребує великих об'ємів розчинників та їхньої регенерації.

Хімічні методи мають ключову перевагу: вони реалізують концепцію циклічної економіки (Cradle-to-Cradle) – відходи перетворюються на сировину тієї ж якості. Основний недолік – висока собівартість процесу, чутливість до забруднень (органіка, етикетки) та потреба в сортуванні відходів за типом полімеру.

Оптимальною є комбінована стратегія: механічний рециклінг для чистих монофракцій (ПЕТ, ПЕ), хімічний – для складних полімерів та багатошарових матеріалів, термічний – для залишків, не придатних до переробки. Лише такий підхід, разом із суворою заборорою відкритого спалювання та скороченням виробництва одноразового пластику, дозволить мінімізувати екологічні ризики.

ПРОБЛЕМИ ХАРЧУВАННЯ ПІДЛІТКІВ ТА МОЛОДІ

Колбасіна А.О.¹, Захарова О.І.², к.х.н., доцент

¹Міжнародна українська школа Литви, м. Каунас

²Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Актуальність. Формування культури здорового харчування є ключовим чинником профілактики неінфекційних захворювань. Надмірне споживання цукру та солі серед молоді сприяє розвитку ожиріння, діабету II типу, гіпертонії та серцево-судинних патологій. Дослідження, проведені у 2025-2026 роках, свідчать, що артеріальна гіпертензія серед дітей та підлітків за останні два десятиліття зросла майже у два рази [1], а діабет II типу демонструє стрімке зростання серед молоді у віці 10-24 років, особливо в країнах із високим рівнем ожиріння [2]. За даними ВООЗ, середній підліток споживає цукор у 2–3 рази більше від рекомендованої норми, а посилене вживання солі у понад 70 % молоді [3].

Мета дослідження: вивчення особливостей харчової поведінки молоді та підлітків; виявлення вмісту цукру та солі у розповсюджених продуктах харчування та визначення їх впливу на формування здорового харчування.

Методи дослідження: аналіз наукових літературних джерел; порівняльний аналіз даних етикеток харчових продуктів; експериментальне визначення вмісту цукру та солі у вибраних зразках; анкетування учнів для виявлення особливостей їхнього харчування.

Аналіз літературних джерел. Вуглеводи забезпечують 50–55 % енергетичних потреб організму, що відповідає 400-500 грамам вуглеводів, з яких 350-400 грамів мають надходити у вигляді полісахаридів [4,5,6]. Надлишок рафінованого цукру (особливо у вигляді солодких напоїв та кондитерських виробів) сприяє утворенню резервного жиру та розвитку метаболічних порушень. За даними ВООЗ [3], добова норма споживання цукру не повинна перевищувати 25-30 грамів.

Біологічна роль солі (натрію хлориду) полягає в регуляції водно-сольового балансу, осмотичного тиску і діяльності серцево-судинної системи. Добова потреба відповідає приблизно 10-12 грамам кухонної солі [7]. Надмірне споживання солі до підвищення артеріального тиску та перевантаження нирок.

Результати досліджень. Харчування людей різних вікових категорій відрізняється в залежності від професійної діяльності, місця проживання, доходу та інше. Тому на першому етапі дослідження для оцінки кількості солі та цукру в раціоні українця було обрано набір продуктів, які входять до мінімального споживчого кошику. До складу українського споживчого кошика [8] входять три ключові групи: продукти харчування (у розрахунку на 1 особу на місяць), непродовольчі товари та послуги.

Предметом вивчення обрані продукти харчування. В таблиці 1 наведена кількість солі та цукру в основних продуктах **мінімального споживчого кошика для однієї дорослої людини в Україні**. Основні джерела надлишку солі: хліб, м'ясні вироби, сіль як окрема позиція. Основні джерела цукру: сам цукор, молочні продукти, кондитерські вироби, фрукти.

Таблиця 1 - Середнє добове споживання солі та цукру українцями

Показник	Фактичне споживання	Рекомендована норма (ВООЗ)	Перевищення
Сіль	13,5 г	≤5 г	у 2,5 рази
Цукор	124 г	≤25–30 г	у 4–5 разів

Деякі продукти ми перевірили на вміст солі (аргентометричний метод) та цукру (поляриметричний метод). Результати представлено у таблиці 2: у газованих напоях вміст цукру перевищує добову норму в 2-3 рази, а в ковбасних výroбах - солі в 1,5-2 рази.

Таблиця 2 - Вміст цукру та солі у вибраних продуктах

Продукт	Вміст цукру (г/100 г)	Вміст солі (г/100 г)	Коментар
Газовані напої	10–12	не визначали	Перевищення добової норми цукру
Ковбасні вироби	не визначали	2-3	Перевищення добової норми солі
Чипси	не визначали	1-1,5	Джерело прихованої солі
Сир сулугуні	не визначали	5-6	Високий ризик надлишку

Наступний етап нашого дослідження – вивчення особливостей харчування підлітків (15-16 років). Опитування 40 учнів 10 класу показало, що регулярно снідають лише 26 % учнів і 19 % дівчат. Більшість підлітків мають повноцінний обід тільки у вихідні дні (73,7% хлопців та 52,4% дівчат), а велика частина підлітків не снідають і не мають повноцінного обіду! У дні навчання замість повноцінного обіду – перекуси. Більшість учнів віддає перевагу солодким напоям, снекам та ковбасним výroбам, що показано на діаграмі:



Для визначення енергозатрат за добу, кожен учасник опитуваної групи склав хронограму видів діяльності, включаючи сон. Енергетичні витрати для дівчат та хлопців, які навчаються у школі, що знаходиться в сусідньому місті складають 3000 ккал та 3800 ккал відповідно. Дослідження енергетичної цінності харчування дівчат та хлопців у вихідні дні

та протягом навчального тижня показало, що дівчата отримують близько 2000 ккал, хлопці близько 2500 ккал. У вихідні дні змінюється хронограма життя підлітків, харчування є своєчасним і збалансованим з правильним (відхилення в межах 1-2 відсотків між жирами та вуглеводами з достатньою кількістю білків) співвідношенням вуглеводів, білків та жирів

Таким чином, наше дослідження виявило жакливу картину. Замість повноцінного харчування з необхідними для росту та розвитку організму нутрієнтами, молодь віддає перевагу продуктам, які сприяють розвитку гіпертензії та діабету II типу:

- солодоші – різке підвищення глюкози, розвиток інсулінорезистентності;
- фастфуд – високий вміст трансжирів, солі та калорій;
- солоні снеки (чипси, сухарики, солоні горішки) – надлишок натрію → підвищення

артеріального тиску;

- випічка та кондитерські вироби - швидкі вуглеводи, що сприяють ожирінню;
- перероблене м'ясо (ковбаси, сосиски) – насичені жири та сіль.

Висновки. Проведене дослідження виявило, що надлишок цукру та солі у харчуванні молоді є серйозною проблемою сучасного суспільства і контроль споживання солі та цукру є чинником профілактики таких захворювань як артеріальна гіпертензія, ожиріння, цукровий діабет II типу. Результати дослідження підтверджують: навіть базовий продуктовий кошик створює надлишок цукру та солі.

Практичні рекомендації: не забувати про сніданок та повноцінний обід; зменшити споживання солодких напоїв, снеків та фастфуду; збільшити споживання овочів і фруктів; проводити просвітницькі заходи в навчальних закладах.

Література

1. Xi B., Zong X., Kelishadi R., Hong Y. та ін. *Поширеність гіпертонії серед дітей та підлітків у всьому світі: систематичний огляд та метааналіз.* – The Lancet Child & Adolescent Health, 2026. – Режим доступу: [https://www.thelancet.com/journals/lanchi/article/PIIS2352-4642\(25\)00345-7/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanchi/article/PIIS2352-4642(25)00345-7/fulltext)

2. Magliano DJ, Islam N., Li Y. та ін. *Глобальні тенденції розвитку діабету 2 типу у підлітків та молодих людей : систематичний огляд.* – BMC Medicine, 2025. – Режим доступу: <https://bmcmmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12916-025-03456-7>

3. Скільки цукру можна їсти на день: рекомендації ВООЗ. – Тернопіль Live, 2025. – Режим доступу: <https://ternopillive.com.ua/skilky-cukru-mozhna-yisty-na-den-rekomendaciyi-vooz/>

4. Вуглеводи: використання і шкода для шкідливих речовин. – Fitness UA, 2023. – Режим доступу: <https://fitness.net.ua/vuglevody-koryst-i-shkoda-dlya-organizmu>

5. Добова норма вуглеводів для людини: повний гід. – Emozzi, 2023. – Режим доступу: <https://emozzi.ua/dobova-norma-vuglevodiv-dlya-lyudyny-povnyj-gid/>

6. Добові норми вуглеводів, білків і жирів: таблиці за віком. – Fitness UA, 2023. – Режим доступу: <https://fitness.net.ua/dobovi-normi-vuglevodiv-bilkiv-i-jiriv-tablici-za-vikom/>

7. Натрій хлорид: фізіологічна роль та потреба . – Evpahealth, 2023. – Режим доступу: <https://evpahealth.org.ua/info/uk/natrij-hlorid-fiziologichna-rol-ta-dobova-potreba>

8. *Споживчий кошик в Україні: для чого він потрібен та як його враховують.* – Abiznes.com.ua, 2025. – Режим доступу: <https://abiznes.com.ua/spozhyvchyy-koshyk-v-ukraini-dlia-choho-vin-potriben-ta-iak-yoho-vyrakhovuiut-356>

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ТЕС ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ЗІ СТІЧНИХ ВОД

Сковородка Є. І., здобувач групи ПЕО-23д, Золотарьова О. В., к.пед.н., доц.
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Серед широкого спектра відомих підходів до знешкодження стічних вод від важких металів, особливого значення останніми роками набули ті, що ґрунтуються на їх виділенні із застосуванням твердофазних відходів промисловості. Одним із найбільш перспективних матеріалів у цьому контексті є карбонатомісний шлам, який утворюється в процесі водопідготовки на теплоелектростанціях (ТЕС).

На підставі мети, визначеної в межах роботи виникає необхідність здійснити комплексний аналіз стічних вод, що генеруються гальванічними цехами промислових підприємств. Це обумовлено тим, що саме ці стоки є ключовими джерелами надходження важких металів у довкілля, спричиняючи значний негативний вплив як на екологічний стан, так і на стан здоров'я населення.

За характером їхнього утворення, стічні води, які формуються у відділеннях гальваніки виробничих об'єктів, можливо категоризувати на дві основні групи: відпрацьовані (технологічні) та промивні (змивні). Відпрацьовані стоки з'являються епізодично, в моменти, коли використані технологічні розчини замінюються на свіжі партії. Натомість промивні стоки утворюються постійно в процесі обмивання оброблюваних заготовок. Варто відзначити, що рівень концентрації забруднюючих речовин у відпрацьованих електролітах може бути в межах від у 100 до 1000 разів вищим, ніж у значно розбавлених промивних водах, хоча об'єми цих відпрацьованих розчинів та частота їх появи є набагато меншими. Відмінною особливістю всіх видів гальванічних стоків є низька концентрація кислот при одночасно високому вмісті іонів металів.

З урахуванням їхнього хімічного складу, промивні води з гальванічних дільниць прийнято поділяти на три основні різновиди:

1. Хромомісні кислі стоки. Вони виникають після процедур електрохімічного хромування, під час травлення у розчинах на основі хромової кислоти, а також в інших процесах, де використовуються сполуки хрому. У промивних водах концентрація хроматів зазвичай становить близько 50 мг/л (у перерахунку на шестивалентний хром Cr^{6+}), при цьому показник рН коливається в межах 2–6. У періодично скидуваних відпрацьованих розчинах рівень хроматів може сягати 200 мг/л.

2. Ціаномісні стоки. Ця категорія вод є результатом процесів нанесення покриттів у електролітах, що містять ціаніди. Вони характеризуються переважаною присутністю ціан-груп, а також іонів цинку, міді, кадмію та інших елементів. Показник рН цих стоків може змінюватися від 3 до 11. Зазвичай ці стоки вимагають проведення локального попереднього очищення.

3. Кислотні та лужні стоки. Ці води містять або мінеральні кислоти, або лужні сполуки, а також солі важких металів (такі як Cu^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+}) в концентраціях, що варіюються від 10 до 200 мг/л. Їхнє утворення пов'язане з операціями знежирення, травлення, освітлення та пасивації деталей. Кислі стоки мають рН в діапазоні 2–5, тоді як лужні стоки характеризуються 10–12.

Хімічна формула та кількісний вміст складових елементів у відпрацьованій воді, що утворюється в процесі гальванічних операцій, підлягають модифікації, що безпосередньо залежить від різновиду нанесеного металевого покриття, а також від рівня технологічної досконалості та характеристик використовуваної апаратури. Незважаючи на ці варіації, ключовими агентами забруднення у цих стічних водах виступають надзвичайно токсичні

хімічні сполуки важких металів, до переліку яких входять такі елементи, як хром, цинк, мідь, нікель та інші подібні речовини.

Основні підходи до знешкодження та очищення відпрацьованих вод гальванічних цехів класифікуються на прямоточні та циклічні (або замкнуті) системи. У випадку прямоточної системи, рідина, що пройшла нейтралізацію та необхідне очищення, безпосередньо відводиться у комунальну каналізаційну мережу. Натомість замкнуті системи передбачають повторне застосування очищених стоків у виробничому технологічному циклі. Враховуючи тенденцію до постійного посилення нормативних вимог, що регулюють гранично допустиму концентрацію важких металів у фінально очищеній стічній воді, саме рециркуляційні системи водокористування для гальванічного виробництва визнаються найбільш багатообіцяючими та перспективними.

На сучасному етапі розвитку гальванічного виробництва проектується та функціонують як централізовані, так і децентралізовані (локальні) замкнуті системи водного господарства. Централізований підхід передбачає накопичення та спільну обробку всіх категорій стічних вод на єдиних очисних спорудах, після чого очищена вода розподіляється для застосування в технологічних процесах. За потреби можливе проведення додаткового очищення води для її подачі у промивні ванни, де необхідна підвищена якість води. На противагу цьому, децентралізовані системи базуються на створенні локальних циклів водообороту, які обслуговують окремі операції гальванопокриття, такі як нікелювання чи хромування. В обох архітектурах передбачається, що відпрацьовані висококонцентровані електроліти з ванн покриття або регенеруються для багаторазового використання, або знешкоджуються на спеціальних локальних очисних установках. У певних випадках централізована система може приймати такі розчини до загального потоку, але лише за умови їх попереднього усереднення з основною масою води або поступового дозування малими об'ємами. Повне впровадження виключно децентралізованої системи очищення стічних вод гальванічних цехів наразі неможливе, оскільки навіть при багаторазовій експлуатації електролітів процес їх регенерації генерує стічні води, які потребують обов'язкового знешкодження. Крім того, неминучими є витoki та переливи з технологічних ванн, а також утворення стічних вод під час промивання очисного обладнання. З огляду на це, при впровадженні локальних циклів до виробничої каналізації все одно може надходити до 50% загального обсягу води, що використовується на виробничі потреби, що робить обов'язковим улаштування централізованих очисних споруд.

Централізовані системи очищення стоків здебільшого використовують реагентні методи для попереднього очищення, а також включають іонообмінний або електролізний методи для вилучення розчинених домішок. Як початковий ступінь очищення також застосовується коагуляція з подальшим відстоюванням і фільтруванням. Для стічних вод, що містять хром, також можливо застосування біохімічного очищення. У рамках локальних циклів водообороту використовується ширший спектр технологій: реагентні, іонообмінні, гіперфільтраційні, електрохімічні та інші методи очищення.

Науково-технічні заходи, спрямовані на охорону гідросфери у гальванічному виробництві, мають бути орієнтовані на досягнення двох ключових цілей: по-перше, повне припинення скидання забруднених стічних вод і, по-друге, суттєве скорочення обсягів споживання свіжої води. Цього можна досягти шляхом інтеграції замкнутих систем водообороту гальванічних цехів із локальним очищенням стічних вод безпосередньо в місцях їх утворення.

SOLIDUS SURFACE OF THE Al-Nd-Ni SYSTEM

Fartushna I. doctor of chemical sciences, senior researcher, Cherniak M., Kapush D. candidate of chemical sciences, Bulanova M. doctor of chemical sciences, senior researcher
Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Science of Ukraine

Amorphous Al-TM-R alloys (R = rare earth element, TM = transition metal) are particularly interesting for their ability to form metallic glasses that exhibit good mechanical properties combining high strength and ductility [1]. In the amorphous state, Al-TM-R alloys have a tensile strength of up to 10 GPa, and a Vickers hardness of approximately 380 HV, which is twice that of crystalline alloys. These alloys have excellent corrosion and thermal resistance, making them good candidates for use as protective coatings in the aerospace industry. Al-Ni-R alloys are also interesting for use in magnetic cooling due to their large magnetocaloric effect. In addition, Al is an additional element in RNi₅-based alloys for hydrogen storage [2]. Thus, experimental research into Al-Ni-R alloys is relevant not only from a fundamental but from also an applied perspective. However, the lack of data on the phase diagrams of the relevant systems due to their complex topology due to the existence of a large number of binary and ternary compounds significantly complicates the development of such materials. Meanwhile, phase equilibria in the Al-Ni-Nd system have been studied extremely poorly. Data on phase relations in the range of solidification, except the Al-rich corner, are completely absent. Thus, a systematic study of phase equilibria in the Al-Nd-Ni system over the entire concentration range during solidification is necessary.

The samples weighing 2-10 g were prepared from pure bulk components Al (99.995%), Nd (99.9%) and Ni (99.9%) by arc melting in a furnace with a non-consumable tungsten electrode on a water-cooled copper hearth under purified argon atmosphere (99.998 %). Samples for microstructure analysis were prepared with grinding and polishing machines. The microstructure was then studied using scanning electron microscopes (SEM) JEOL Superprobe-733, equipped with a wavelength dispersive X-ray spectroscopy (WDX) system, JEOL JSM-6490L and Axia ChemiSEM, equipped with an energy dispersive spectrometer (EDS) detector in back-scattered electrons. The DTA/DSC study was carried out using the VDTA-8 and NETZSCH DSC 404 F1 Pegasus devices to determine the phase transformation temperatures. The commercial alumina crucibles were used. The measurements were carried out at a heating/cooling rate of 5-40°C/min. X-ray diffraction (XRD) was performed from cross sections in DRON-3.0 diffractometer with CoK α -filtered radiation. The phases were determined by comparing diffraction patterns with the literature or calculated patterns using the PowderCell software package. Rietveld analysis was performed and the mass fraction of each phase was determined using the PowderCell software package.

The phase equilibria in the Al-Nd-Ni system at solidus temperature were studied on the samples, both as-cast and annealed at subsolidus temperature (500, 600, 650, 700, 800, 900, 950, 1000 and 1145°C for 30 hours-4.5 months). Based on the experimental results obtained in this work and the information from the relevant binary systems in the literature, the solidus projection in the whole concentration range was constructed (Fig. 1).

Twelve ternary compounds Al₂₃Nd₄Ni₆ (τ_1 , Y₄Ni₆Al₂₃ type structure), Al₄NdNi (τ_2 , YNiAl₄ type structure), Al₅NdNi₂ (τ_3 , PrNi₂Al₅ type structure), Al₁₄Nd₃Ni₇ (τ_4 , Al₁₄Gd₃Ni₇ type structure), Al₂NdNi (τ_5 , MgCuAl₂ type structure), Al₄Nd₃Ni₃ (τ_6 , Ce₃Co₃Al₄ type structure), AlNdNi (τ_7 , ZrNiAl type structure), Al₂Nd₃Ni₄ (τ_8 , La₃Ni₄Ga₂ type structure), Al₂Nd₅Ni₂ (τ_9 , own type structure), AlNd₂Ni₂ (τ_{10} , W₂CoB₂ type structure), AlNd₃Ni₈ (τ_{11} , Ce₃Co₈Si type structure) and AlNd₄Ni (τ_{12} , Ga₄RhIn type structure) were shown to exist at the solidus temperatures.

A very extended ternary solid solution derives from the NdNi₅ phase, which dissolves 53.5 at. % Al at solidus temperatures. NdAl₂ and α Nd₃Al₁₁ dissolve at solidus temperatures up to about 10.0 and 2.5 at.% Ni, respectively. The NdAl₃ phase, which in the binary Al-Nd system is formed

in solid state, in the ternary Al-Nd-Ni system participates in equilibrium with the melt. The solubility of Al in the $\text{Nd}_5\text{Ni}_{19}$, Nd_2Ni_7 , NdNi_2 , Nd_7Ni_3 and Nd_3Ni phases at the solidus temperature was found to be 4.8, 9.5, 2.3, 6.9 and 3.0 at.%, respectively. Al solubility in $\text{Nd}_2\text{Ni}_{17}$ and NdNi_3 is still uncertain. All other compounds are practically linear phases.

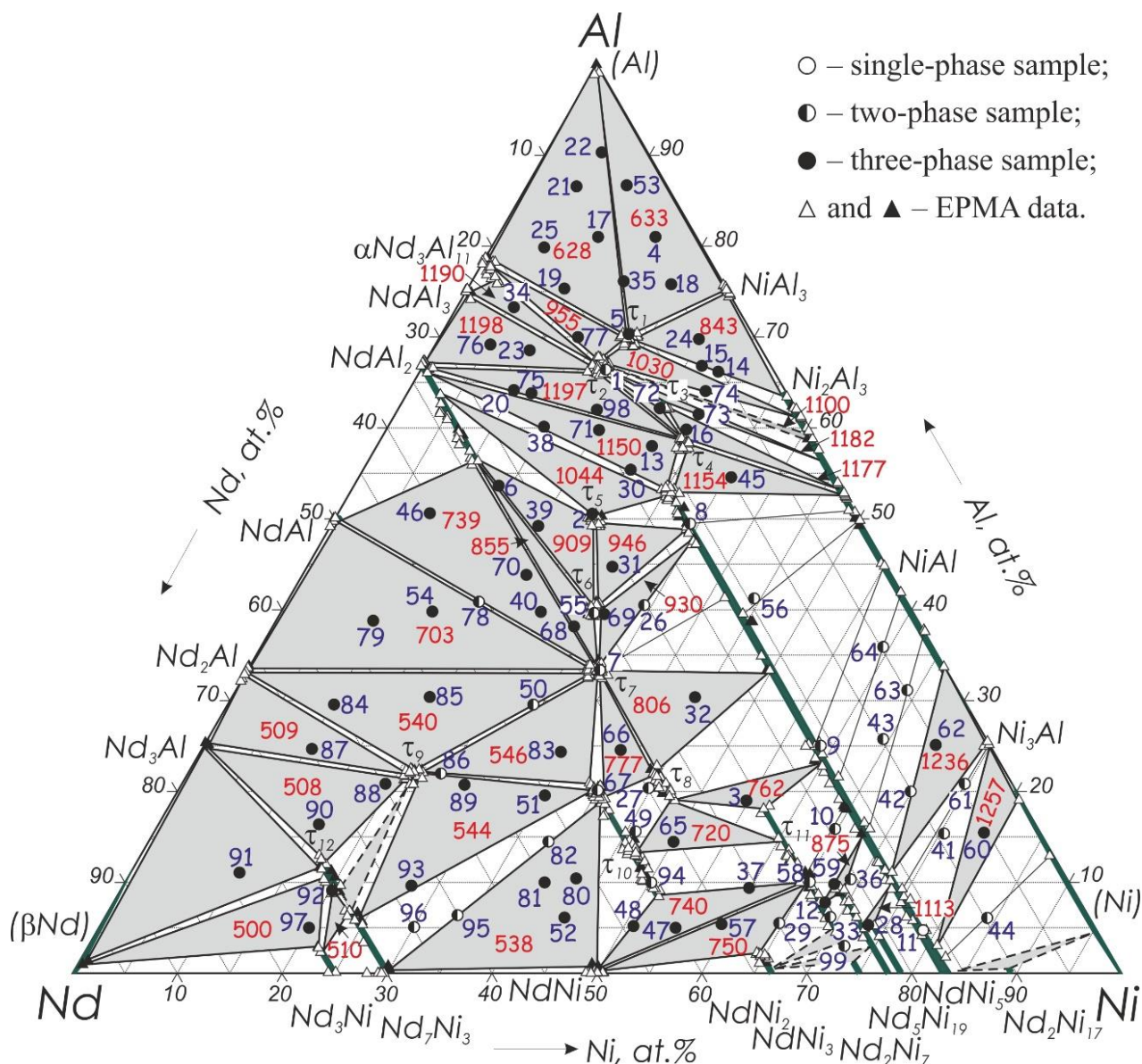


Fig. 1. Solidus projection of the Al-Nd-Ni system.

Acknowledgments. This research was supported by Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Science of Ukraine, No. 0125U000610.

References

1. W.J. Botta, C.T. Rios, R.D.S. Lisboa, A.R. de Andrade, M.F. de Oliveira, C. Bolfarini, and C.S. Kiminami, Crystallisation Behaviours of Al-Based Metallic Glasses: Compositional and Topological Aspects, *J. Alloys Compd.*, 2009, 483, p 89-93.
2. J.B. von Colbe, J.-R. Ares, J. Barale, M. Baricco, C. Buckley, G. Capurso, N. Gallandat, D.M. Grant, M.N. Guzik, I. Jacob, E.H. Jensen, T. Jensen, J. Jepsen, T. Klassen, M.V. Lototsky, K. Manickam, A. Montone, J. Puszkiel, and M. Dornheima, Application of Hydrides in Hydrogen Storage and Compression: Achievements, Outlook and Perspectives, *Int. J. Hydrog. Energy*, 2019, 44(15), p 7780-7808.

PHASE EQUILIBRIA IN THE Ti-V-Si SYSTEM

Fartushna I. doctor of chemical sciences, senior researcher, Cherniak M., Utkin S. candidate of chemical sciences, Bulanova M. doctor of chemical sciences, senior researcher
Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Science of Ukraine

Due to the special properties such as high specific strength, good corrosion resistance, excellent toughness and good biocompatibility, titanium alloys are widely used in various industries including aviation, aerospace, automotive, chemical and biomedical [1, 2]. Vanadium is one of the most frequently used substitutional alloying elements in titanium alloys, exerting a beneficial effect on their strength and plasticity. Titanium silicides (Ti_5Si_3 and TiSi_2) are widely used in high-temperature materials [3]. Meanwhile, phase equilibria in the Ti-V-Si system have not been sufficiently studied. Data on phase relations in the range of solidification is missing. Therefore, the purpose of this work was to study them in a wide temperature range and construct liquidus and solidus projections, and isothermal sections at 1500, 1450, 1300, 1200 and 900°C.

The samples weighing 2-10 g were prepared from pure bulk components Ti (99.98%), V (99.9%) and Si (99.999%) by arc melting in a furnace with a non-consumable tungsten electrode on a water-cooled copper hearth under purified argon atmosphere (99.998 %). Samples for microstructure analysis were prepared with grinding and polishing machines. The microstructure was then studied using scanning electron microscopes (SEM) JEOL Superprobe-733, equipped with a wavelength dispersive X-ray spectroscopy (WDX) system, JEOL JSM-6490L and Axia ChemiSEM, equipped with an energy dispersive spectrometer (EDS) detector in back-scattered electrons. The DTA study was carried out using the VDTA-8 device to determine the phase transformation temperatures. The commercial alumina crucibles were used. The measurements were carried out at a heating/cooling rate of 5-40°C/min. X-ray diffraction (XRD) was performed from cross sections in DRON-3.0 diffractometer with $\text{CuK}\alpha$ and $\text{CoK}\alpha$ -filtered radiations. The phases were determined by comparing diffraction patterns with the literature or calculated patterns using the PowderCell software package. Rietveld analysis was performed and the mass fraction of each phase was determined using the PowderCell software package.

Phase equilibria in the Ti-V-Si system were studied on the samples, both as-cast and annealed at 1500, 1450, 1300, 1200 and 900°C for 30-100 hours. Based on the experimental results obtained in this work and the information from the relevant binary systems in the literature, the liquidus and solidus projections (Fig. 1) in the whole concentration range and isothermal sections at 1500, 1450, 1300, 1200 and 900°C were constructed.

One ternary compound $(\text{Ti,V})_6\text{Si}_5$ (τ) having a wide homogeneity range was found to exist in the Ti-V-Si system at solidus temperature and at 1500 and 1450°C. Note that according to [4], the homogeneity region of the ternary compound is located along isoconcentrate 50 at.%, while according to our data – ~45 at.%. At the same time, with decreasing temperature, the homogeneity region of τ decreases sharply.

Among all titanium silicides, Ti_5Si_3 has the widest homogeneity range. It is located along the silicon isoconcentrate ~37.5 at.%, which indicates the mutual substitution of Ti and V atoms. According to the EPMA results, the solubility of vanadium in this phase is 41.5 at.% at solidus temperature. The Ti_5Si_4 and TiSi_2 phases at solidus temperature dissolve about 5 and 2.5 at.% V, respectively. Among all vanadium silicides, VSi_2 has the widest homogeneity range. It is located along the silicon isoconcentrate 66.7 at.%, which also indicates the mutual substitution of Ti and V atoms. According to the EPMA results, the solubility of vanadium in this phase is 27.5 at.% at solidus temperature. The V_3Si and V_5Si_3 phases dissolve at solidus temperature 18 and 17 at.% Ti, respectively. The homogeneity regions of the remaining phases do not exceed 1 at. %.

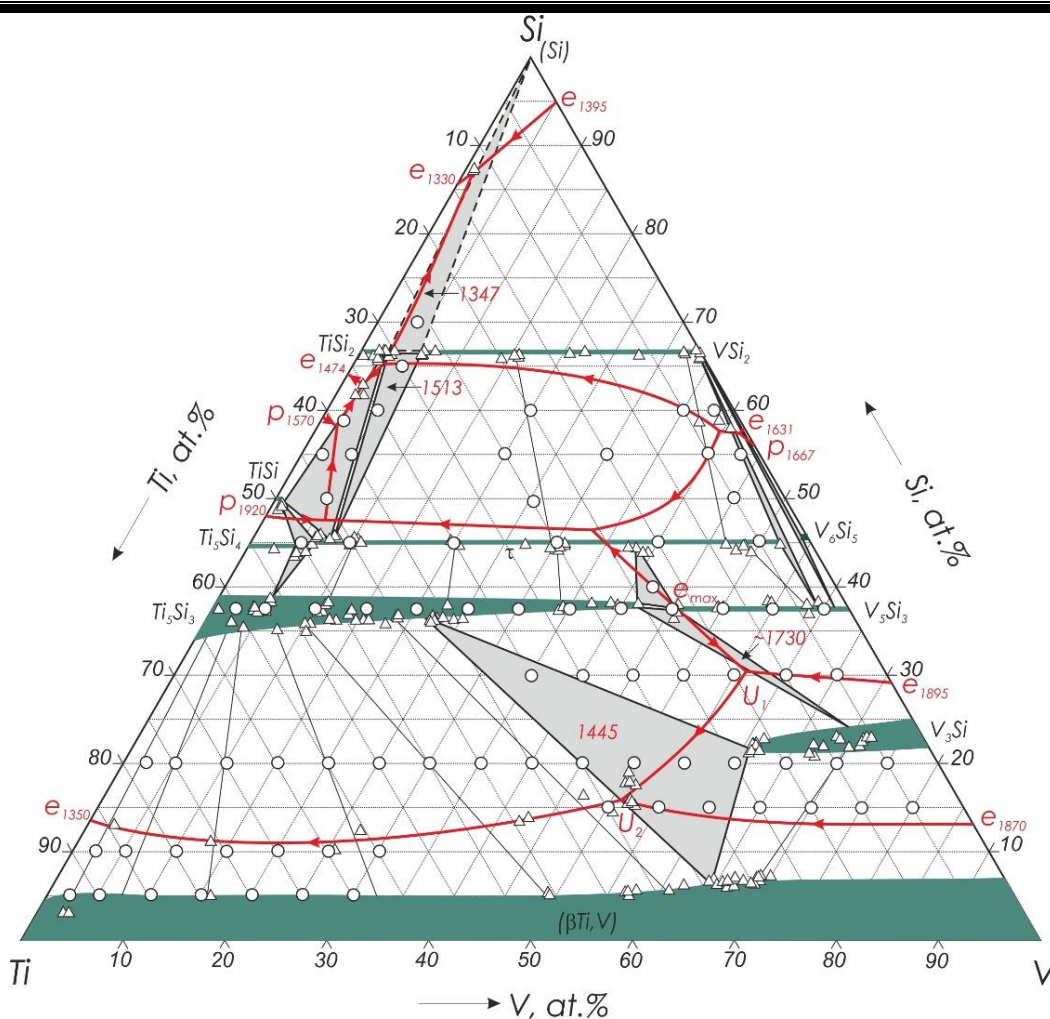


Fig. 1. Liquidus and solidus projections of the Ti-V-Si system:

○ – composition of alloys; △ – EPMA data.

The liquidus projection of the system is characterized by the presence of eleven primary crystallization fields of the ternary phase $(\text{Ti,V})_6\text{Si}_5$ (τ), binary-based phases Ti_5Si_3 , Ti_5Si_4 , TiSi , TiSi_2 , V_3Si , V_5Si_3 , V_6Si_5 , and VSi_2 , and component based solid solutions (Si) and $(\beta\text{Ti,V})$, separated by appropriate curves of joint crystallization and participating in ten four-phase invariant equilibria and two three-phase invariant equilibria. The primary region of Ti_5Si_3 dominates in the system. The solidus projection is characterized by the appearance of the following ten three-phase regions: $(\beta\text{Ti,V}) + \text{V}_3\text{Si} + \text{Ti}_5\text{Si}_3$, $\text{V}_3\text{Si} + \text{Ti}_5\text{Si}_3 + \text{V}_5\text{Si}_3$, $\text{Ti}_5\text{Si}_3 + \text{V}_5\text{Si}_3 + \tau$, $\text{V}_5\text{Si}_3 + \tau + \text{VSi}_2$, $\text{V}_5\text{Si}_3 + \text{V}_6\text{Si}_5 + \text{VSi}_2$, $\text{Ti}_5\text{Si}_3 + \text{Ti}_5\text{Si}_4 + \tau$, $\text{Ti}_5\text{Si}_4 + \tau + \text{TiSi}$, $\tau + \text{TiSi}_2 + \text{VSi}$, $\tau + \text{TiSi} + \text{TiSi}_2$ and $(\text{Si}) + \text{TiSi}_2 + \text{VSi}$ and corresponding two-phase regions. The three-phase region $\text{V}_5\text{Si}_3 + \tau + \text{VSi}_2$ is formed by a four-phase invariant peritectic reaction $\text{L} + \text{V}_5\text{Si}_3 + \text{VSi}_2 \rightleftharpoons \tau$, while the remaining three-phase regions are formed by transition-type reactions.

Acknowledgments. This research was supported by Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Science of Ukraine, No. 0125U000610.

References

1. D. Banerjee J.C. Williams, Perspectives on titanium science and technology, *Acta Mater.* 61 (3) (2013) 844-879.
2. G. Lutjering, J.C. Williams, *Titanium*, Springer, New York, 2007.
3. Meschter, P. J., & Schwartz, D. S. Silicide-matrix materials for high-temperature applications. *Jom* 41(11) (1989) 52-55.
4. Gladyshevsky E.I., Markiv V.Ya., Efimov Yu.V., Savitsky E.M., Baron V.V. The Si-Ti-V System, *Inorg. Mater. (Engl. Trans.)*, 1(7) (1965) 1023-1027.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ І ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В СПЛАВАХ СИСТЕМИ Fe-W-C

Каверинський В.В.¹ к.т.н., Кирилюк С.Ф.¹, Кирилюк Є.В.¹, Кудін В.Г. к.ф.-м.н.²,
Романова Л.О. к.х.н.¹, Судацова В.С.¹ д.х.н., проф., Баглюк Г.А.¹ д.т.н., член-кор.

¹Інститут проблем матеріалознавства НАН України

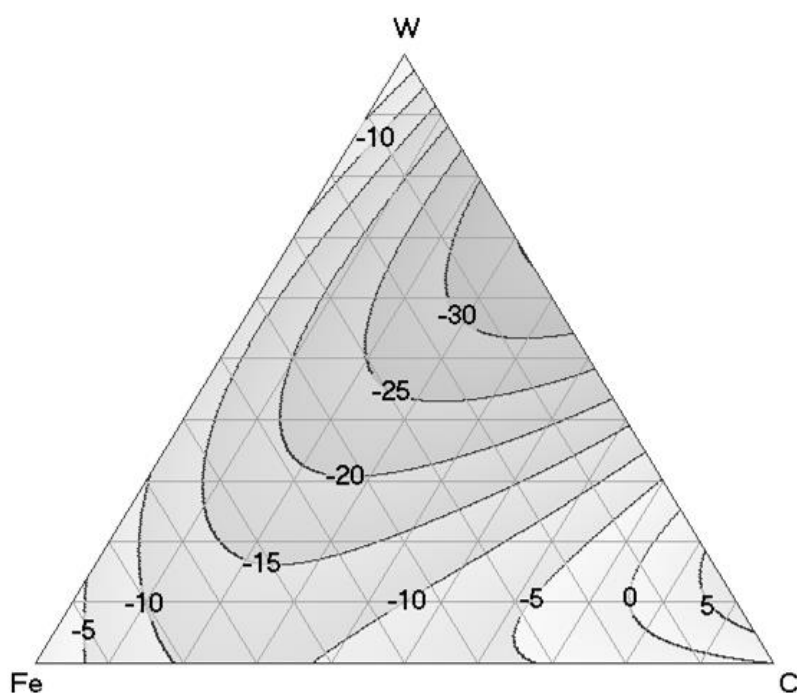
²Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Сплави на основі заліза широко застосовують у різних галузях науки і техніки. Якість виробів з них залежить від методів отримання, які можна удосконалювати на основі фізико-хімічних властивостей. Оскільки більшість методів виробництва сталей та сплавів пов'язана з їх плавленням, важливе значення мають термодинамічні властивості сплавів заліза у рідкому стані.

Термохімічні властивості розплавів Fe-W визначені методом калориметрії при 1863-1960 К до $x_W = 0,12$ нами і іншими авторами декількох робіт. Показано, що ентальпії змішування цих розплавів є невеликими від'ємними величинами, що корелює з тим, що їх компоненти утворюють 3 сполуки. Методом ЕРС нами встановлено, що активності W у розплавах системи Fe-W характеризуються дуже великими додатними відхиленнями від закону Рауля, що обумовлено ентропійним фактором. W і C утворюють сполуки WC і W_2C , $\Delta_f H$ яких – 38 і –46 кДж/моль. Використовуючи мольні ентальпії розплавів подвійних граничних систем розраховано аналогічні дані для потрійних розплавів системи Fe-W-C за “аналітичною” моделлю Редліха-Кістера-Муджіану. Показано, що екстремальне значення інтегральної мольної ентальпії розплавів цієї потрійної системи становить –46 кДж/моль і припадає на розплав $W_{20,66}C_{0,34}$, тобто основний внесок в енергію взаємодії між

різномісними атомами цих потрійних розплавів вносить гранична система W-C.

Дослідження фазових рівноваг є ключовими для розуміння поведінки матеріалів і лігатур при різних температурах. Проте, не дивлячись на значну прикладну важливість, поверхні ліквідуса і солідуса системи Fe-W-C не досліджені через дуже високі Тпл. як Fe, W, C, так і їх сполук. Тому термодинамічне моделювання є важливим інструментом для вивчення таких фазових діаграм. Важливим аспектом є моделювання енергетичних характеристик фазових переходів, що дозволяє



передбачати поведінку систем при зміні складу та температури. Для обчислення поверхонь ліквідуса і солідуса (в тому числі багатовимірних) було створено програмні компоненти на мові Python, із застосуванням інструментів бібліотеки PyCALPHAD та термодинамічні бази даних. Згідно CALPHAD-розрахунку фазових рівноваг у діапазоні температур 500 – 2000 К для складу 43% Fe 43% W, 14% C (ат.%), утворюється проміжна фаза Fe_3W_3C , яка плавиться інконгруентно при 1770 К.

ВПЛИВ Ni НА ЕНЕРГІЮ ВЗАЄМОДІЇ В РОЗПЛАВАХ СИСТЕМИ Al-SnКудін В.Г.² к.ф.-м.н., Гончаров І.О., Міщенко Д.Д., Заборовець І.С.,Романова Л.О.¹ к.х.н., Судацова В.С.¹ д.х.н., проф.¹Інститут проблем матеріалознавства НАН України²Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Сплави на основі алюмінію широко використовують в різних галузях народного господарства через низьку густину, високу тепло- та електропровідність, схильність до аморфізації тощо. Для розробки матеріалів на основі алюмінію необхідно знати як діаграми стану, так і пов'язані з ними термодинамічні властивості всіх фаз, особливо рідких, тому що їх, частіше за все, одержують плавленням. Тому мета даної роботи дослідити вперше методом калориметрії термохімічні властивості розплавів системи Al-Ni-Sn, розрахувати їх термодинамічні властивості за “аналітичною” моделлю Редліха -Кістера-Муджіану.

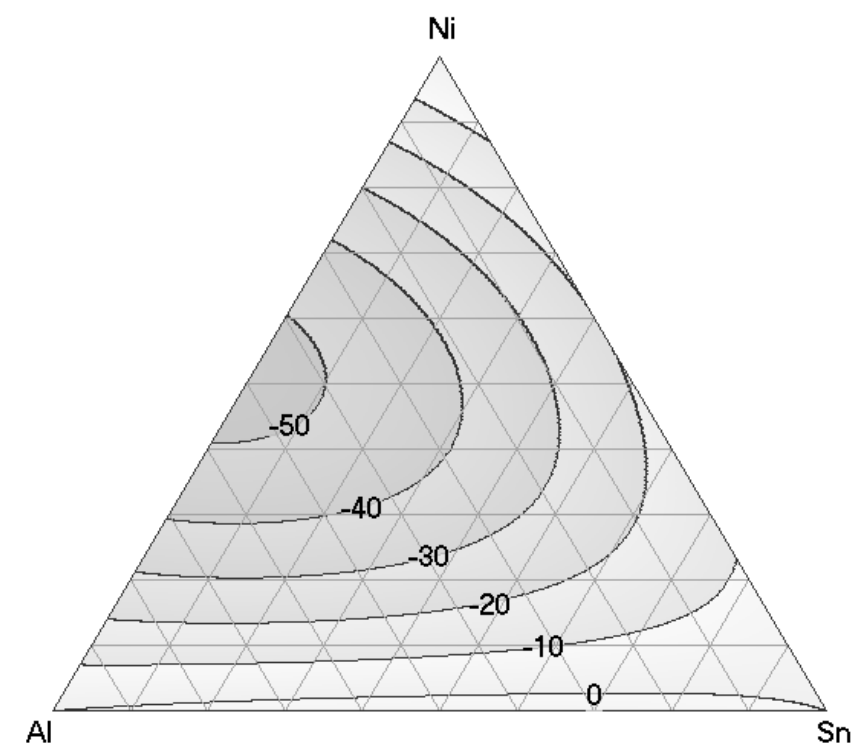
Методом калориметрії вперше досліджено термохімічні властивості розплавів 3-х променевих перерізів з таким співвідношенням мольних часток Al-Sn: $X_{Al}/X_{Sn} = 0,75/0,25$, $0,52/0,48$ при 1373K. Виявилось, що додавання Ni в розплав $Al_xSn_{(1-x)}$ обумовлює виділення великої кількості теплоти, що обумовлено виділенням великої кількості теплоти, що обумовлено сильною енергією взаємодії Ni з Sn та особливо з алюмінієм. Встановлено, що

для розплавів вивчених перерізів $\Delta \bar{H}_{Ni}^{\infty} = -150 \pm 10$ та -220 ± 15 кДж/моль..

Щоб одержати інформацію в широкому інтервалі концентрацій ми виконали розрахунок термохімічних розплавів цієї системи із аналогічних даних для граничних бінарних систем, які були визначені нами та відомі з літератури, за “аналітичною” моделлю

Редліха-Кістера-Муджіану.

Виявилось, що найкраще співпадіння спостерігається для розрахунків з потрібним внеском $L = -200$ кДж/моль. Тому за цією ж моделлю розраховано ΔG , ΔS і активності компонентів



в цих розплавах. Виявились, що мінімуми всіх термодинамічних функцій припадають на розплав $Al_{0,5}Ni_{0,5}$. Це не дивно, тому що сполука NiAl є дуже тугоплавкою (1660K) і такою, що плавиться конгруентно. Активності компонентів в розплавах системи Al-Ni-Sn проявляють майже в усьому інтервалі складів відємні відхилення від ідеальних розчинів.

Таким чином, у вивчених трикомпонентних розплавах переважають парні взаємодії з утворенням асоціатів, причому найбільше їх типу NiAl. Ясно що можна встановлені дані можна використати для прогнозів аналогічних параметрів для багатокомпонентних систем, що містять алюміній, Ni, Sn, p-, d-, та f- метали. Все це дозволить оптимізувати умови технологічних процесів, уточнити діаграми стану, а також визначити умови самочинного перебігу реакцій, в яких вони беруть участь. Все це суттєво зменшить кількість експериментів і дозволить вирішити нагальні практичні проблеми.

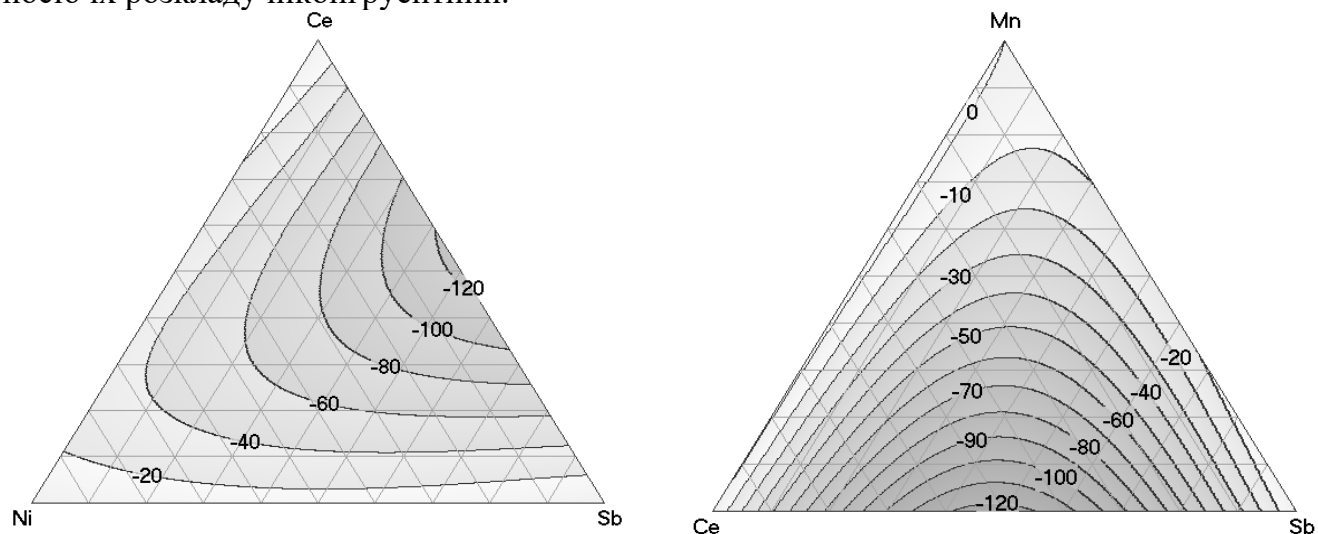
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВІВ СИСТЕМИ Ce-Ni-Sb

Романова Л.О. к.х.н., Кудін В.Г. к.ф.-м.н., Черняк М.С., Судавцова В.С. д.х.н. проф.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

Стибій з d- і f- перехідними металами проявляють термоелектричні, магнітні властивості. Тому знання термодинамічних властивостей необхідні для науково обґрунтованого одержання цих важливих матеріалів, які мають перспективи для збереження вторинної теплової енергії. В зв'язку з цим мета даної роботи полягає в дослідженні парціальних та інтегральних ентальпій змішування розплавів системи Ce-Ni-Sb за чотирма променевими перерізами з такими співвідношеннями мольних часток компонентів: $X_{\text{Ce}}/X_{\text{Ni}}=0,2/0,8$; $0,3/0,7$; $0,6/0,4$; $0,67/0,33$ при 1300-1800°C методом калориметрії.

Встановлено, що всі вивчені розплави характеризуються виділенням великої кількості енергії. Це свідчить про значні енергії взаємодії між різнойменними атомами. На основі цих даних і аналогічних для подвійних граничних систем побудовані ізоентальпії змішування цих розплавів. Виявилось, що ΔH_{min} розплавів системи Ce-Ni-Sb припадає на рідкий сплав складу $\text{Ce}_{0,5}\text{Sb}_{0,5}$. Це свідчить, що найбільший внесок в енергію міжкомпонентної взаємодії цих потрійних розплавів вносять Ce та S. Крім того в них домінують подвійні асоціати з сильними зв'язками. Це корелює із даними ізотермічного перерізу цієї системи, згідно якого Ce, Ni та Sb утворюють три потрійні сполуки. З усього викладеного ясно, що ці проміжні фази плавляться при невисоких температурах, причому спосіб їх розкладу інконгруентний.



На даний час відомі достовірні термодинамічні властивості розплавів двокомпонентних граничних систем Ce-Ni(Sb), Ni-Sb, які використано для розрахунків аналогічних даних для розплавів системи Ce-Ni-Sb за “аналітичною” моделлю Редліха-Кістера-Муджіану. Виявилось, що найкраще із встановленими нами термохімічними властивостями співпадають ті, що обчислені за вказаною моделлю із потрійним внеском - 300 кДж/моль. Це дозволило за цією моделлю розрахувати енергії Гіббса, ентропії утворення цих розплавів, а також активності компонентів. Встановлено, що $\Delta G_{\text{min}} = -59$ кДж/моль, а $\Delta S_{\text{min}} = -15$ Дж/(моль К). Активності всіх компонентів проявляють великі від’ємні відхилення від ідеальних розчинів.

Ми порівняли одержані нами дані з розрахованими за даною моделлю ізоентальпіями змішування розплавів системи Ce-Mn-Sb.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВІВ СИСТЕМИ Ca-Sn

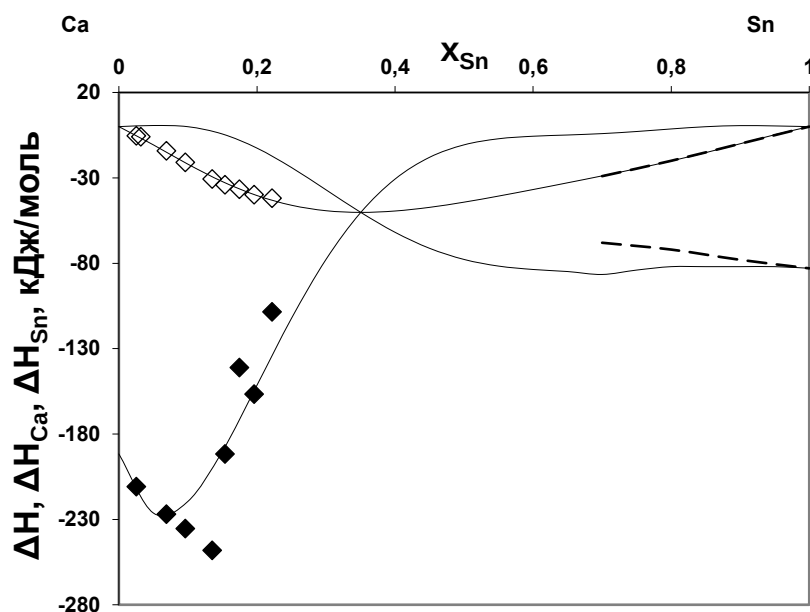
Романова Л.О. к.х.н., Заборовець І.С., Кудін В.Г. к.ф.-м.н., Копань А.Р.,

Судацкова В.С. д.х.н. проф.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

Sn широко використовується в припоях, легкоплавких сплавах, для розділення і виділення компонентів із відходів, що містять Ca і Pb. Для узгодження цих технологічних процесів важливо знати як діаграми стану, так і тісно пов'язані з ними термодинамічні властивості фаз і особливо рідких, тому що описані процеси пов'язані з плавленням вихідних сумішей. Тому мета даної роботи вперше дослідити термохімічні властивості розплавів системи Ca-Sn при 1473K до $x_{Sn} = 0,4$. На даний час визначено термохімічні властивості цих розплавів зі сторони Sn до $x_{Ca} = 0,3$ методом калориметрії при 1550-1723K, а також методом ЕРС при 770-970 °C до $x_{Sn} = 0,5$. Одержані в цих дослідженнях термодинамічні властивості корелюють між собою, тому їх можна вважати достовірними.

В даній роботі встановлено, що вони утворюються з виділенням досить великої кількості енергії. Причому до $x_{Sn} = 0,2$ $\Delta \bar{H}_{Sn}$ та ΔH змінюються плавно, а при подальшому додаванні Sn на залежностях $\Delta \bar{H}_{Sn}$ та ΔH спостерігаються стрибки в сторону збільшення значень цих параметрів. Це узгоджується з діаграмою стану системи, згідно якої при 1473K і $x_{Sn} = 0,2$ відбувається перехід в гетерогенну область, тобто це відповідає кривій ліквідуса цієї системи. Згідно одержаних термохімічних даних для розплавів системи Ca-Sn, $\Delta \bar{H}_{Sn}^{\infty} = -300$ кДж/моль, а $\Delta H_{min} = -60$ кДж/моль при $x_{Sn} = 0,5$. Останній параметр одержано із залученням літературних даних. Одержані в даній роботі і відомі з літератури термохімічні властивості розплавів системи Ca-Sn наведено на рисунку. Видно, що вони корелюють між собою



Для розширення уявлень про енергію взаємодії в розплавах Ca-IVA-елемент ми співставили з різницями мольних об'ємів і електронегативностей по Олреду-Рохову які наведено нижче.

	Ca-C	Ca-Si	Ca-Ge	Ca-Sn	Ca-Pb
$-\Delta H_{min}$	39,6	40	56	60	60
ΔV	21,7	14	12,4	9,7	7,6
$\Delta \chi$	1,55	0,9	1,08	0,96	1,3

Ясно, що енергія взаємодії між різнойменними атомами обумовлена, як розмірним, так і електрохімічним факторами.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВІВ І СПОЛУК БІНАРНИХ СИСТЕМ Bi(Sb)–Ln

Шевчук В.А., Кудін В.Г. к.ф.-м.н., Романова Л.О. к.х.н., Подопригора Н.В. к.х.н.,
Судацова В.С. д.х.н. проф.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

Бісмут знаходить широке застосування при переробці відходів ядерного палива. Для оптимізації цього процесу ми дослідили ентальпії утворення розплавів декількох систем Bi–Ln(лантаноїд) методом ізопериметричної калориметрії $T=1220$ К. Тому мета даної роботи — співставити і проаналізувати, ентальпії утворення і $T_{пл.}$ інтерметалідів $LnBi$ і $LnSb$, а також ΔH_{min} розплавів, різниць мольних об'ємів і електронегативностей компонентів систем Bi(Sb)–Ln(лантаноїд), щоб прогнозувати і уточнити термодинамічні характеристики утворення цих розплавів

Бісмут і стибій розміщені в одній підгрупі Періодичної системи елементів, тому доцільно було порівняти ентальпії утворення сполук $LnBi$ і $LnSb$, а також і інші властивості подвійних систем Ln –Bi(Sb). Важливим є також встановлення закономірностей в термодинамічних властивостях рідких сплавів подвійних систем Ln –Bi(Sb). На даний час встановлено ентальпії утворення сполук подвійних систем Ln –Bi(Sb) методом калориметрії. Так як ентальпії утворення монобісмутидів і моностибідів співпадають з ΔH_{min} відповідних розплавів цих систем, але останні визначено для декількох систем, тому перші можна використовувати замість ΔH_{min} .

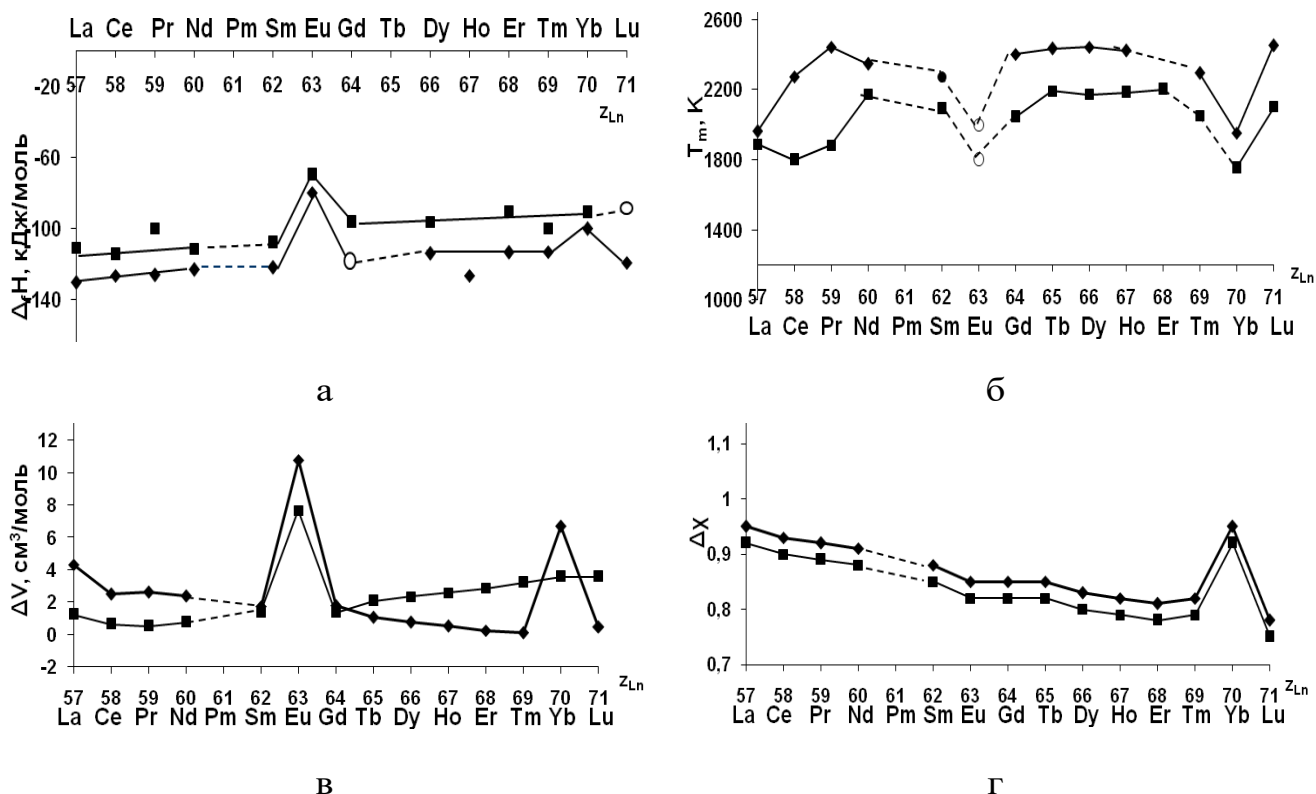


Рисунок 1. — Залежності ентальпій утворення монобісмутидів/моностибідів лантаноїдів і ΔH_{min} розплавів (а), температур плавлення фаз $LnBi/LnSb$ (б), різниць мольних об'ємів компонентів (в) та електронегативностей (г) систем Bi–Ln(■) та Sb–Ln(◆) від порядкового номера лантаноїда

Доцільно було співставити ентальпії утворення монобісмутидів і моностибідів лантаноїдів (а), температури плавлення фаз $LnBi/LnSb$ (б), різниць мольних об'ємів (в) та

електронегативностей компонентів (γ) систем $\text{Ln}-\text{Bi}(\text{Sb})$ від порядкового номера лантаноїду на рисунку

Тому вважаємо, що термохімічні властивості розплавів і фаз систем $\text{Ln}-\text{Bi}(\text{Sb})$ обумовлені, в основному, розмірним фактором

Із рис. 1 а видно, що сполуки LnSb утворюються з виділенням більшої кількості теплоти, ніж LnBi . Це обумовлено як меншим розмірним фактором для систем $\text{Ln}-\text{Sb}$, так і більшою різницею електронегативностей компонентів. Це корелює з тим, що Bi проявляє більш металічні властивості, ніж Sb , тому що він сильніший акцептор електронів.

Перші парціальні ентальпії і ентропії змішування Ln в розплавах систем $\text{Bi}-\text{Ln}$ за нашими даними при $T = 1220 \pm 1\text{K}$ і вивчені методом ЕРС при 800–1100K наведено на рис. 2. Ясно, що вони визначені майже для усіх Ln .

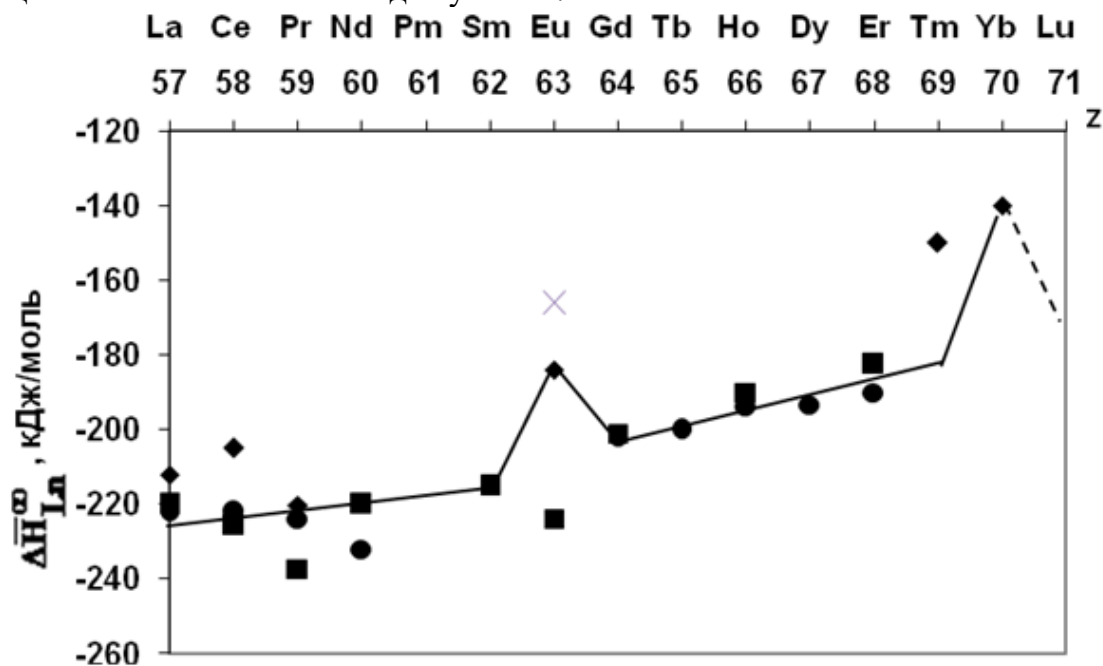


Рисунок 2 – Перші парціальні ентальпії змішування Ln в розплавах систем $\text{Bi}-\text{Ln}$ за нашими даними при $T = 1220 \pm 1\text{K}$ і вивченими методом ЕРС при 800–1100K (точки –наші і літературні дані)

Видно, що результати по першим парціальним ентальпіям змішування Ln в розплавах систем $\text{Bi}-\text{Ln}$ за нашими даними при $T = 1220 \pm 1\text{K}$ і вивченими методом ЕРС при 800–1100K для гомогенних розплавів., без даних для систем $\text{Bi}-\text{Eu}(\text{Yb})$, можна представити в залежності від порядкового номеру Ln однією лінією тренду, яку наведено на рис. 3, з врахуванням експериментальних похибок.. При екстраполяції цієї лінії тренду одержимо перші парціальні ентальпії змішування для Lu і Tm (–180 і –190 кДж/моль), які важко визначити експериментально через високі $T_{\text{пл}}$ Tm і Lu (1823 і 1933K).

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВІВ Ce-Me (Me - d-МЕТАЛИ)

Іванов М.І. к.х.н., Романова Л.О. к.х.н., Кудін В.Г. к.ф.-м.н., Судацова В.С. д.х.н., проф.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

Додавання невеликих кількостей Ce до сталей та спецсплавів обумовлюють покращення їх механічних властивостей, корозійної та термічної стійкості. Це пов'язано з сильною енергією взаємодії церію з основними і домішковими компонентами цих сплавів. Щоб проводити комплексне легування сталей, треба знати енергію взаємодії церію з основними компонентами, але церій є хімічно активним металом, тому його краще вводити в розплави у вигляді лігатур. Для цього краще за все використовувати d-метали. Тому треба знати термодинамічні властивості сплавів, в першу чергу, подвійних. Раніше нами досліджено термохімічні властивості розплавів систем Ce-3d-метал, для яких встановлено дані, що добре узгоджуються з літературними. Мета даної роботи вперше встановити термодинамічні властивості розплавів системи Ce-Rh методом калориметрії і прогнозувати невідомі на тепер аналогічні параметри для інших розплавів систем Ce-M на основі відомих з літератури даних.

Дослідження термохімічних властивостей розплавів системи Ce-Rh виконані нами вперше методом ізопериметричної калориметрії при $T=1773\text{K}$ в інтервалі складів $0 \leq x_{Rh} \leq 0,6$. Одержані дані проєкстропольовано на всю область концентрацій та встановлено $\Delta H_{\min} = -60$ кДж/моль при $x_{Rh}=0,6$, $\Delta \bar{H}_{Rh}^{\infty} = -144 \pm 6$ кДж/моль

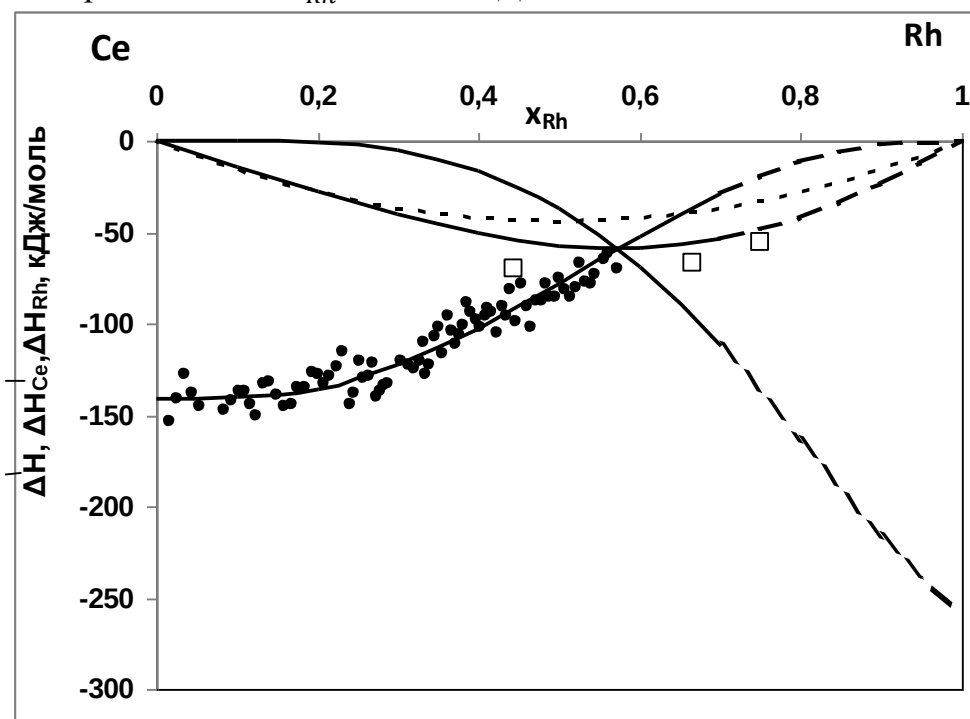


Рис. 1. Парціальні та інтегральні ентальпії змішування розплавів системи Ce-Rh при $T = 1773\text{ K}$.

Парціальні та інтегральні ентальпії змішування розплавів системи Ce-Rh при $T = 1773\text{ K}$ апроксимовані поліномами Редліха-Кістера:

$$\begin{aligned}\Delta H &= x_{Rh}(1 - x_{Rh})(-141,3 - 138,2x_{Rh} - 181,4x_{Rh}^2 + 202,9x_{Rh}^3) \\ \Delta \bar{H}_{Ce} &= x_{Rh}^2(-3,1 + 86,4x_{Rh} - 1152,9x_{Rh}^2 + 811,6x_{Rh}^3) \\ \Delta \bar{H}_{Rh} &= (1 - x_{Rh})^2(-141,3 - 276,4x_{Rh} - 544,2x_{Rh}^2 + 811,6x_{Rh}^3)\end{aligned}$$

Ці дані корелюють з ентальпіями утворення сполук Rh_mCe_n , визначених методом прямої реакційної калориметрії, які незначно більш екзотермічні. З цього можна зробити висновок, що одержані нами термохімічні властивості є достовірними та їх можна використовувати для вирішення практичних та технологічних проблем.

Для одержання активностей компонентів в розплавах системи Ce-Rh часто використовують модель асоційованих розчинів, метод Calphad, які дозволяють розрахувати всі термодинамічні властивості розплавів систем. Як слід було очікувати, дані розплави проявляють великі від'ємні відхилення від закону Рауля. Для розплавів, які знаходяться в рівновазі з Rh, розраховано активності Rh. Показано що дані розплави демонструють менші від'ємні відхилення від ідеальних розчинів. Цього слід було очікувати тому що $T_{пл}$ сплавів нижчі ніж $T_{пл}$ Rh (1773 K). Тому бажано провести вимірювання активностей компонентів металу методом ЕРС.

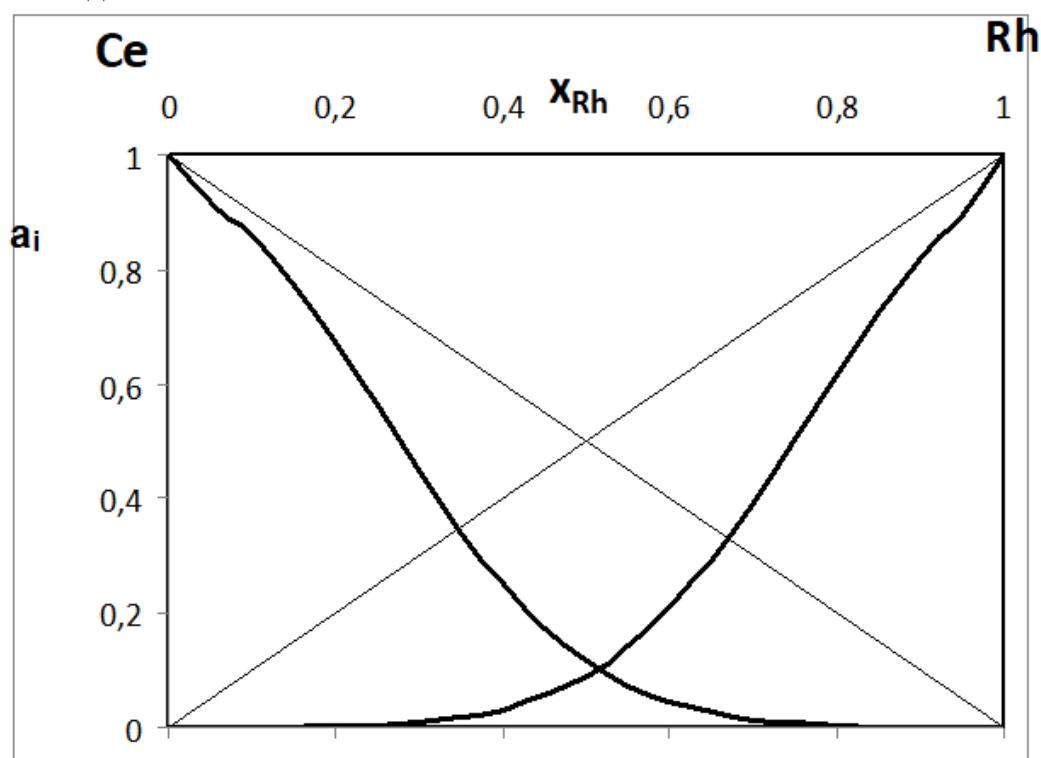


Рис. 2. Активності компонентів в розплавах системи Ce-Rh: ----- –розраховані методом Calphad; - - - - розраховані нами

Ми співставили $\Delta \bar{H}_{Me}^{\infty}$ в розплавах систем Ce-Me, які експериментально визначені нами та відомі з літератури. Їх наведено нижче в кДж/моль:

M=	Mn,	Fe,	Co,	Ni,	Cu,	Rh,	Pt,	Ag,	Pt
$\Delta \bar{H}_{Me}^{\infty}$	-4	-6	-24	-80	-29	-144	-192	-44	-235

Побудувавши залежності $\Delta \bar{H}_{Me}^{\infty}$ від порядкового номера Me, прогнозовано $\Delta \bar{H}_{Me}^{\infty}$ в розплавах недосліджених систем:

Me	Ru	Os	Ir	Au
$\Delta \bar{H}_{Me}^{\infty}$	-65	105	167	149

Є сподівання, що ці передбачені теоретично $\Delta \bar{H}_{Me}^{\infty}$ будуть підтверджені в найближчий час експериментально.

БІОПОЛІМЕРИ НА ОСНОВІ ПОЛІЛАТИДУ (PLA): ВИРОБНИЦТВО, ВЛАСТИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАМІНИ ТРАДИЦІЙНИХ ПОЛІМЕРІВ У ПАКУВАННІ

Невмирич З. Д., студентка групи ХТ-22д, Золотарьова О. В., к.пед.н., доц.
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Біополімери на основі полілактиду (PLA) займають важливе місце серед сучасних матеріалів, що розглядаються як альтернатива традиційним нафтохімічним пластикам. Полілактид отримують із відновлюваної сировини, переважно з кукурудзяного крохмалю, цукрової тростини або інших джерел вуглеводів. Технологічно процес включає ферментацію цукрів до молочної кислоти з подальшою полімеризацією – або через пряму поліконденсацію, або більш ефективний шлях через утворення лактиду з подальшою кільцеполімеризацією. Останній метод дозволяє отримувати полімери з вищою молекулярною масою та кращими механічними характеристиками.

PLA характеризується високою жорсткістю, прозорістю та достатньою міцністю, що робить його придатним для використання у пакуванні харчових продуктів. Матеріал має добрі бар'єрні властивості щодо запахів і жирів, але поступається традиційним полімером, таким як поліетилен або поліпропілен, за показниками газопроникності та термостійкості. Температура склування PLA становить близько 55-65 °C, що обмежує його використання для гарячих продуктів або в умовах підвищених температур. Крім того, матеріал є крихкішим порівняно з багатьма синтетичними пластиками, що іноді потребує модифікації – наприклад, шляхом введення пластифікаторів або співполімерів.

Однією з ключових переваг PLA є його біорозкладність у промислових умовах компостування. За наявності підвищеної температури, вологості та активної мікрофлори полімер розкладається до вуглекислого газу, води та біомаси. Водночас у природних умовах, особливо в морському середовищі або при низьких температурах, швидкість деградації значно знижується, що обмежує його екологічну ефективність без належної інфраструктури утилізації. Це підкреслює необхідність розвитку систем збору та переробки біополімерів.

З технологічної точки зору PLA добре піддається переробці традиційними методами обробки пластмас, такими як екструзія, лиття під тиском і термоформування. Це спрощує його інтеграцію у вже існуючі виробничі лінії. Однак варто враховувати чутливість матеріалу до гідролізу під час переробки, що вимагає контролю вологості сировини.

Перспективи заміни традиційних полімерів PLA у пакуванні пов'язані з екологічними вимогами, зменшенням вуглецевого сліду та переходом до циркулярної економіки. Біосировинне походження дозволяє знизити залежність від викопних ресурсів, а потенційна компостованість – скоротити обсяги пластикових відходів. Водночас повна заміна обмежується рядом факторів: вища собівартість, залежність від аграрних ресурсів, а також обмежені експлуатаційні характеристики порівняно з деякими нафтохімічними полімерними матеріалами.

Подальший розвиток технологій модифікації PLA, удосконалення процесів полімеризації та розширення інфраструктури переробки можуть суттєво підвищити конкурентоспроможність цього матеріалу. Удосконалені композиції на основі PLA вже демонструють покращені термічні та механічні властивості, що розширює сферу їх застосування.

Полілактид є перспективним матеріалом для часткової заміни традиційних полімерів у пакуванні, особливо в сегменті одноразових виробів і короткотривалого використання. Його ефективність значною мірою залежить не лише від властивостей самого матеріалу, а й від умов використання, збору та утилізації.

ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ГРУНТОВИЙ ПОКРИВ ПРОМИСЛОВО-МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ

Мошонько В.І., к. геол. н., доцент, Зубцов Є.І., к. т. н., доцент
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Ґрунти – ключовий компонент біосфери, що виконує важливі екологічні, продукційні та регуляторні функції. В умовах інтенсивного антропогенного впливу, у тому числі, обумовленого військовими діями, ці функції зазнають суттєвого порушення, що призводить до неможливості ведення господарської діяльності та перебування без загроз для здоров'я на значних територіях протягом багатьох років після завершення військового конфлікту.

Значні екологічні ризики та потреба у науковому забезпеченні процесів відновлення деградованих територій обумовлюють необхідність дослідження стану ґрунтового покриття, порушеного внаслідок бойових дій. Комплексний аналіз змін у ґрунтовому середовищі є важливою передумовою для збереження природного потенціалу, відновлення продуктивності земель та забезпечення екологічної і продовольчої безпеки України.

Довготривала військова діяльність призводить до утворення локальних воєнно-техногенних літогеохімічних аномалій з різним спектром небезпечних вибухових і токсичних речовин, що може накласти на невизначений термін заборону на використання земель. До хімічних забруднювачів воєнно-техногенного походження належать паливе транспортних засобів, мастильні матеріали, сольвенти, відходи гальванічного виробництва, залишки вибухових речовин, дезактиваційні речовини, радіоактивні речовини, важкі метали та їхні сполуки. За даними досліджень ґрунтів зони антитерористичної операції в Донецькій та Луганській областях впродовж 2016–2020 рр., у пробах, відібраних у місцях ведення бойових дій, виявлено високий вміст свинцю, міді, миш'яку, цинку, хрому, кадмію, молібдену, барію, калію, магнію та вольфраму. Вищезазначені елементи характеризують домінуючий спектр воєнно-техногенного забруднення і є провідними індикаторами для прогнозування змін екологічного стану територій проведення військових дій.

Найбільшої шкоди від хімічного впливу зазнають ґрунти територій, які знаходяться у зонах воєнно-техногенного навантаження та у зонах впливу промислових об'єктів одночасно. Це стосується промислово-міських агломерацій Донецької і Луганської областей, де і до початку військових дій спостерігався високий рівень хімічного забруднення ґрунтового покриття. Значне воєнно-техногенне навантаження на ґрунти характерне для Северодонецько-Лисичанської промислово-міської агломерації з центрами в містах Северодонецьку, Лисичанську і Рубіжному. Особливістю території агломерації є наявність великої кількості джерел викидів та скидів специфічних шкідливих речовин з різними хімічними і технологічними характеристиками, а також значна щільність їх розміщення. Складування побутових відходів, відходів виробництва та засобів хімізації, викиди та скиди промислових підприємств сприяли накопиченню у ґрунтах агломерації різних хімічних елементів, у тому числі важких металів, а також утворенню значних за площею геохімічних аномалій. Ґрунти цього регіону антропогенно-глибинно перетворені, мають слабо структурований ґрунтовий профіль, у механічному складі переважає фракція з розміром часток 1–0,25 мм.

Літогеохімічні дослідження, які проводились на площі агломерації до початку військової агресії, виявили на території розташування одного з центрів агломерації – м. Северодонецька літогеохімічні аномалії токсичних елементів трьох класів небезпеки: кадмію, ртуті, свинцю, цинку, фтору, кобальту, нікелю, молібдену, міді, хрому, барію, ванадію, вольфраму, марганцю, літію, германію, олову і фосфору. За результатами досліджень була проведена комплексна оцінка небезпеки забруднення ґрунтів за методикою Ю.Ю. Саєта (1990). Результати розрахунків сумарного індексу забруднення (Z_c) за

методикою Ю.Ю. Саєта виявили на території міста 10 аномальних зон з сумарним показником забруднення від 16 (допустимий рівень) до 158,8 (надзвичайно небезпечний рівень). Найбільш велика та контрастна аномалія, пов'язана з високим вмістом в ґрунтах ртуті, кадмію, міді, свинцю, цинку, була виявлена на території промислового майданчика ПрАТ «Сєверодонецьке об'єднання Азот». Аномальні зони помірно небезпечного та небезпечного рівня спостерігались на території очисних споруд ПрАТ «Сєверодонецьке об'єднання Азот», в зоні садового масиву оз. Клешня, в районі полігону ТПВ в північно-західній частині міста, на південь від оз. Чисте, в заплаві р. Сіверський Донець. Отже, переважаюча частина дослідженої території, яка охоплювала житлові масиви Сєверодонецька та оточуючі його лісові насадження, відносилась до допустимої категорії забруднення ($Z_c < 16$), однак, на території агломерації відзначались помірно небезпечні, небезпечні та надзвичайно небезпечні зони забруднення, більшість з яких спостерігалась на територіях майданчиків промислових підприємств.

Результати аналітичних досліджень вмісту важких металів у ґрунтах промислово-міських агломерацій, які одночасно знаходяться у зонах впливу військового навантаження та в зонах впливу промислових об'єктів, свідчать про перевищення в них фонових значень вмісту Pb (від 35 до 14000 мг/кг), Cu (35-95 мг/кг, окремі ділянки – 250-330 мг/кг), Ni (84-300 мг/кг) та інших важких металів (Mn, Cr, Zn). Розрахунки сумарного показника забруднення ґрунтів (Z_c) за методикою Ю.Ю. Саєта засвідчили, що зони військового впливу в межах агломерацій характеризуються небезпечними рівнями забруднення ґрунтів важкими металами (Z_c від 32 до 128), в той час як інші зони агломерацій відчують помірно небезпечний ступінь забруднення (Z_c від 16 до 32). Для досліджуваних агломерацій регіону характерна витягнутість контурів літогеохімічних аномалій переважно в субмеридіональному та північно-східному напрямку, що узгоджується з розою вітрів.

Отже, сучасні еколого-геохімічні умови ґрунтового покриву досліджених територій внаслідок значних змін природно-техногенних факторів в умовах військового впливу є вкрай складними, що формує високі ризики надзвичайних ситуацій екологічного походження. В умовах інтенсивного військового впливу відбувається підвищення рівня фонових характеристик ґрунтового покриву, посилюються рівні коливання концентрацій токсичних елементів та їх сполук, змінюються закономірності процесів формування хімічного складу ґрунту.

Для територій, забруднених небезпечними хімічними речовинами, розроблено широкий спектр методів ремедіації, спрямованих на очищення та відновлення екологічних функцій ґрунтового покриву. У даному контексті особливого значення набуває рекультивація земель, яка передбачає комплекс робіт із відновлення порушених територій та приведення їх у стан, придатний для господарського використання. Вибір оптимальної технології рекультивації визначається характером і рівнем забруднення, функціональним призначенням земельної ділянки, а також наявністю ефективних і економічно доцільних технологічних рішень. Водночас для територій, що зазнали критичного або необоротного антропогенного порушення, альтернативним підходом може виступати консервація земель. Такий підхід передбачає тимчасове або повне обмеження господарської діяльності з метою забезпечення природного відновлення екосистемних компонентів і стабілізації екологічного стану території. Додатковим механізмом забезпечення охорони та відновлення деградованих земель є надання їм природоохоронного статусу, що створює передумови для впровадження більш ефективних підходів до екологічного управління, моніторингу та довгострокового збереження природних ресурсів.

ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА ЗАМКНЕНЕ УПРАВЛІННЯ ХЛОРООРГАНІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ПРИКЛАДІ ШВЕЦІЇ

Козлов О.В., асп-161-24, Баранова Л.А., к.т.н., ст.викл.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Швеція є однією з провідних країн світу в екологічному регулюванні, зокрема у сфері контролю за шкідливими хлорорганічними речовинами. Це стосується як традиційних стійких органічних забруднювачів (СОЗ), таких як поліхлоровані біфеніли, хлорорганічні пестициди, так і сучасних хімічних сполук, що містять хлор- або фторвуглеводні.

Метою шведської екологічної політики є не лише мінімізація викидів та ризиків для здоров'я, а й замкнене управління хімічними речовинами – від виробництва до утилізації та безпечної переробки відходів [1].

Державна політика в області поводження із стійкими органічними забруднювачами, до яких відносяться майже всі компоненти хлорорганічних промислових відходів, базується на наступних правових рамках та міжнародних зобов'язаннях.

Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі – міжнародний договір, прийнятий у 2001 р. у Стокгольмі, спрямований на захист здоров'я людей і довкілля від токсичних органічних забруднювачів, що погано розкладаються, накопичуються в біоті та мігрують на великі відстані [2]. Конвенція містить перелік речовин, для яких передбачено заборону або обмеження виробництва, використання й випуску. Кожна країна-учасниця повинна розробити та впроваджувати національний план реалізації своїх зобов'язань.

Як член ЄС, Швеція застосовує Регламент ЄС щодо стійких органічних забруднювачів, який забороняє або обмежує використання таких хімічних речовин у продуктах і процесах. Це доповнює та деталізує загальноєвропейські правила, включно з положеннями REACH (нормативно-правовий акт Європейського Союзу зі змінами, внесеними 16.12.2008 р. Регламентом (ЄС) № 1272/2008, який стосується виробництва та використання хімічних речовин, а також їх потенційного впливу на здоров'я людини та навколишнє середовище) та іншими законами про хімічну безпеку [3,4].

Основним національним органом, що координує екологічну політику та моніторинг, є Шведське агентство охорони довкілля (SEPA). Воно розробляє стратегії зменшення викидів СОЗ та інших хлорорганічних сполук; контролює імплементацію міжнародних зобов'язань у національне законодавство; встановлює національні межі безпечних концентрацій у воді, ґрунті та повітрі [5].

Екологічний контроль в Швеції здійснюється на кількох рівнях:

- регулярні перевірки підприємств з потенційним ризиком викидів хлорорганічних речовин;
- спонтанні інспекції, що проводяться у разі скарг громадян або екологічних сигналів;
- використання аналітичних лабораторій для контролю води, повітря та ґрунту.

Особливістю шведської системи є те, що інспектори можуть ініціювати детальні інспекції після оцінки ризику чи у разі підозр на порушення [3].

Швеція приділяє значну увагу мінімізації викидів стійких органічних забруднювачів. Національні плани включають заходи з безпечного збирання та переробки відходів, що містять хлорорганічні сполуки; видалення або зниження джерел неконтрольованого випуску; інформаційних кампаній для промисловості та громадськості.

Країна також бере участь у глобальному плані моніторингу СОЗ, що дозволяє порівнювати дані про рівні цих речовин у різних країнах та регіонах. Це важливо для оцінки ефективності заходів зі зменшення викидів.

Велика увага приділяється взаємодії державних органів з промисловістю. Підприємства у Швеції зобов'язані подавати звітність про використання та утилізацію небезпечних хімічних речовин, включно з СОЗ. Це дозволяє унеможливити нелегальні випуски та гарантувати правильну переробку або знищення відходів.

Практична реалізація екологічної політики Швеції у сфері хлорорганічних речовин базується на принципі «відповідальність протягом усього життєвого циклу». Це означає, що виробник або власник хімічної речовини несе відповідальність за неї на всіх етапах: від імпорту чи виробництва до утилізації або знешкодження. На практиці цей принцип реалізується через жорстку систему дозволів, обов'язкову звітність, постійний аналітичний контроль, інтеграцію переробки та відновлення побічних продуктів у технологічні схеми.

Жодне підприємство, що працює з хлорорганічними сполуками, не може функціонувати без екологічного дозволу. Дозвіл видається лише після оцінки впливу на довкілля (EIA), аналізу потенційних викидів хлорорганіки й HCl та подання плану поводження з відходами.

У дозволі чітко визначаються:

- граничні концентрації хлорорганічних речовин у викидах;
- вимоги до систем уловлювання та нейтралізації;
- обов'язкові технології очищення газових і рідких потоків.

Без впровадження цих технічних рішень підприємство не отримує права на експлуатацію.

Практична реалізація замкненого управління хлорорганічними речовинами у Швеції здійснюється як на рівні спеціалізованих національних центрів (Fortum Waste Solutions), так і на рівні промислових та регіональних підприємств (Stena Recycling, SYSAB, Renova). Ключовими елементами є високотемпературна деструкція, обов'язкове уловлювання хлороводню, запобігання утворенню діоксинів і фуранів та повна простежуваність потоків небезпечних відходів.

Таким чином, Швеція демонструє сучасний підхід до екологічного контролю та замкненого управління хлорорганічними речовинами. Цей підхід дозволяє не лише зменшити ризики для довкілля і здоров'я, а й інтегрувати країну у глобальні ініціативи з контролю та безпечного управління хімічними речовинами. Він є життєздатним орієнтиром для України у сфері хімічної безпеки. Створення замкнених систем управління СОЗ та адаптація передових скандинавських практик екологічного контролю дозволять Україні мінімізувати ризики для здоров'я населення і зробити вагомий крок до реалізації принципів сталого розвитку.

Література:

1. OECD (2025), OECD Environmental Performance Reviews: Sweden 2025, OECD Environmental Performance Reviews, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/91dcc109-en>.

2. <https://www.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/>

3. Шведська агенція захисту довкілля – повна підтримка довкіллевих реформ в Україні та готовність поділитися шведським досвідом захисту довкілля. Екологія Право Людина. URL: <https://epl.org.ua/announces/20140/>

(дата звернення: 19.04.2026).

4. Учасники проєктів Вікімедіа. REACH – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/REACH> (дата звернення: 06.03.2026).

5. Swedish National Implementation Plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants/ Report 6943 Swedish EPA/ Bromma : Arkitektkopia AB, 2020. 51 p. ISSN 0282-7298

ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЮВАЛЬНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРИ ПОДОВЖЕННІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Кохан І.Р.

Харківський автомобільно-дорожній фаховий коледж

Сучасна концепція Circular Economy (циркулярної економіки) вимагає від транспортного сектору переходу від моделі «виготовив-використав-викинув» до стратегії максимального подовження життєвого циклу виробів [1]. Технології зміцнювального формоутворення (наприклад, поверхнєве пластичне деформування, лазерне зміцнення, іонна імплантація) стають ключовим інструментом у досягненні кліматичної нейтральності.

Механізм екологічного впливу зміцнювальних технологій. Основна екологічна перевага полягає у зміні парадигми споживання металів [2]. Зміцнювальне формоутворення дозволяє:

- ✓ Зменшити матеріаломісткість: використання легших сплавів, які завдяки зміцненню набувають властивостей високовуглецевих сталей.
- ✓ Знизити енерговитрати: відновлення деталі потребує у 5–10 разів менше енергії, ніж виплавка нової з первинної сировини.
- ✓ Мінімізувати відходи: зменшення кількості брухту за рахунок підвищення зносостійкості та втомної міцності критичних вузлів.

Сучасні методи та їх практична реалізація. Найбільш перспективним сьогодні є метод поверхнєвого пластичного деформування (ППД) у поєднанні з комп'ютерним моделюванням напружено-деформованого стану [4].

Практична реалізація: зміцнення колінчастих валів двигунів важкого транспорту. При капітальному ремонті техніки замість заміни вала застосовується технологія обкатування галтелей роликми з контрольованим зусиллям.

- ✓ Результат: створення залишкових напружень стиску (до 600–800 МПа).
- ✓ Ефект: втомна міцність зростає на 30–40%, що дозволяє подвоїти міжремонтний інтервал.

Сучасний тренд — це поєднання термічного та механічного впливу. Наприклад, лазерно-ударне зміцнення (Laser Shock Peening — LSP).

- ✓ Фізична суть: лазерний імпульс створює плазмову ударну хвилю, яка проникає вглиб металу на 1–2 мм (це значно глибше за традиційний дробоструминний наклеп).
- ✓ Екологічний аспект: на відміну від хіміко-термічної обробки (цементації чи азотування), LSP не потребує токсичних ванн або агресивних газів, що робить робоче місце «чистим».

Сьогодні екологічність підкріплюється ІТ-рішеннями. Перед зміцненням проводиться сканування зношеної деталі транспортного засобу, потім створюється 3D-модель; виконується симуляція в середовищі ANSYS або ABAQUS, щоб визначити зони найбільшої втоми; робот-маніпулятор виконує точкове зміцнювальне формоутворення саме в тих зонах, де це необхідно (селективне зміцнення) [3]. Це дозволяє уникати зайвих енерговитрат на обробку всієї поверхні.

Використання технологій зміцнювального формоутворення дозволяє реалізувати концепцію "Zero Waste Manufacturing" у транспортній галузі. Ми не просто ремонтуємо залізо — ми перетворюємо втомлений метал на матеріал з покращеними характеристиками, що є вищою формою рециклінгу.

Впровадження технологій зміцнювального формоутворення є не лише технічним завданням підвищення надійності, а й стратегічним кроком до «зеленої» трансформації

транспорту. Це дозволяє скоротити споживання природних ресурсів та енергії, забезпечуючи сталий розвиток галузі [5].

Проведене дослідження підтверджує, що впровадження технологій зміцнювального формоутворення є критично важливим елементом стратегії сталого розвитку транспортної галузі. Підсумовуючи результати, можна виділити наступні ключові аспекти:

1. Екологічна трансформація виробничого циклу: Перехід від традиційних методів виготовлення до технологій зміцнювального відновлення дозволяє скоротити вуглецевий слід (Carbon Footprint) на 75–85%. Це досягається за рахунок суттєвого зменшення енергоємності процесів порівняно з первинною виправкою металу та повноцикловим механічним обробленням.

2. Ресурсна ефективність та Circular Economy: Застосування методів поверхневого пластичного деформування (ППД) та лазерного зміцнення дозволяє не просто повернути деталь в експлуатацію, а надати їй нових експлуатаційних якостей. Створення прогнозованого поля залишкових напружень стиску забезпечує зростання втомної міцності на 30–50%, що фактично означає перехід до «другого життя» агрегату з покращеними характеристиками.

3. Економіко-екологічний паритет: Доведено, що подовження життєвого циклу транспортних засобів через зміцнювальне формоутворення є економічно вигіднішим за утилізацію. Мінімізація обсягів промислових відходів та шлаків, що виникають при переплавці брухту, прямо корелює з цілями EU Green Deal щодо досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року.

4. Практична імплементація: Використання сучасних засобів цифрового моделювання (Digital Twins) у поєднанні зі зміцнювальними технологіями дозволяє реалізувати концепцію предикативного обслуговування. Це мінімізує ризики аварійних виходів з ладу, які часто супроводжуються значним екологічним забрудненням (витоки мастил, палива тощо).

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці інтелектуальних систем адаптивного керування процесами формоутворення в режимі реального часу. Це дозволить ще більше персоналізувати процес зміцнення для кожної конкретної деталі, враховуючи її індивідуальний ступінь зносу та накопичену втому металу.

Література

1. Патон Б. Є., Кравченко П. О. Матеріалознавство та інженерія поверхні в транспортному машинобудуванні : монографія. Київ : Наукова думка, 2021. 415 с.
2. Кирилюк В. А., Смирнов І. В. Технології зміцнювального формоутворення деталей машин : підручник. Харків : НТУ «ХПІ», 2022. 288 с.
3. Заболотний К. С. Підвищення втомної міцності деталей транспортних засобів методами ППД. Вісник машинобудування та транспорту. 2023. № 2 (18). С. 45–52.
4. Innovative technologies for increasing the life cycle of transport infrastructure. / Edited by O. L. Bondarenko. Lviv : Publishing House of Lviv Polytechnic, 2023. 210 p.
5. Матвеев С. В., Коваленко О. І. Екологічні аспекти реновації деталей машин у контексті циркулярної економіки. Технічні науки та технології. 2024. Т. 34, № 1. С. 112–120.
6. Surface Engineering for Sustainability. Journal of Cleaner Production. 2024. Vol. 380, Part 1. P. 134–145.
7. Системний підхід до подовження ресурсу технічних систем. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія та транспорт» (м. Київ, 15–16 травня 2025 р.). Київ : НТУ, 2025. С. 88–91.
8. Gould J., Richardson M. Laser Shock Peening and Life Cycle Extension in Aerospace and Automotive Industries. Advanced Materials Research. 2023. Vol. 1172. P. 15–29.

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ГАЛЬМОВИХ КОЛОДОК ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ГАЛЬМОВОЇ ВАЖІЛЬНОЇ ПЕРЕДАЧІ

Равлюк В. Г. д.т.н., професор, Ловська А. О. д.т.н., професор, Рибін А. В. к.т.н., доцент,
Скуріхін Д. І. к.т.н., доцент

Український державний університет залізничного транспорту

Ефективність роботи гальмових систем вантажних вагонів є одним із визначальних чинників забезпечення безпеки руху поїздів та економічної ефективності функціонування залізничного транспорту. У сучасних умовах експлуатації особливої актуальності набуває проблема ненормативного та нерівномірного зносу композиційних гальмових колодок, що призводить до збільшення експлуатаційних витрат, скорочення міжремонтних пробігів та підвищення вартості утримання рухомого складу.

Аналіз безпеки функціонування вузлів вантажних вагонів показує, що механічні елементи гальмової важільної передачі (ГВП) візків є одними з найбільш навантажених і вразливих у процесі експлуатації. Підвищення швидкостей руху, збільшення осьового навантаження та інтенсивності перевезень зумовлюють зростання навантажень на елементи гальмової системи, що негативно впливає на їх надійність і довговічність. У зв'язку з цим вагонобудівні підприємства здійснюють постійну модернізацію конструкцій ГВП з метою підвищення їх працездатності, ремонтпридатності та стабільності роботи.

Результати експлуатаційних спостережень свідчать про значну нерівномірність зносу гальмових колодок, установлених на одному вагоні. Встановлено, що різниця у тривалості служби окремих колодок від моменту встановлення до досягнення граничного зносу може становити 25-40 %. При цьому не виявлено однозначної залежності між місцем розташування колодки у гальмовій системі та інтенсивністю її зносу, що свідчить про складний характер процесу та вплив сукупності конструкційних і експлуатаційних чинників [1].

Нерівномірність зносу безпосередньо не створює загрози безпеці руху, оскільки заміна колодок виконується відповідно до їх фактичного стану, а вагон допускається до експлуатації лише за умови справності гальмової системи. Однак аналіз середнього ресурсу колодок показує, що частина з них має мінімальний строк служби, тоді як інші мають значний запас працездатності. У процесі спільної роботи колодок відбувається взаємна компенсація їх зносу, що забезпечує відносну стабільність середнього ресурсу, але водночас призводить до недовикористання потенційної довговічності окремих елементів.

За результатами досліджень встановлено, що колодки з підвищеним ресурсом можуть розглядатися як резерв для збільшення загального строку служби гальмової системи. Реалізація такого підходу потребує встановлення причин підвищеного зносу окремих колодок та визначення взаємозв'язку між нерівномірністю зносу і середнім ресурсом системи. Нерівномірність зносу формується під впливом комплексу регулярних і випадкових чинників, серед яких конструкційні особливості ГВП, технічний стан вузлів, режим експлуатації вагона, профіль колії, погодні умови та величина сили натиснення колодок на колесо [1, 2].

Натурний етап досліджень передбачав обстеження гальмових систем вантажних вагонів, що працювали в різних умовах експлуатації, з урахуванням завантаженого та порожнього режимів руху, технічного стану колії та впливу зовнішніх факторів. Експериментальні дослідження проводилися на напіввагонах, критих вагонах і хопер-вагонах для перевезення цементу, що належать ПАТ «Івано-Франківськцемент». Дослідні вагони курсували за постійним маршрутом довжиною 1173 км між станціями Ямниця та Основа, що забезпечувало однакові експлуатаційні умови протягом усього періоду

спостережень. У завантаженому напрямку вагони рухалися з вантажем, а у зворотному – порожніми, при цьому коефіцієнт порожнього пробігу становив 0,5.

Виробничі обстеження виконувалися відповідно до розробленої програми досліджень гальмових систем і колісних пар вантажних вагонів. Гальмування здійснювалося локомотивом серії 2ТЕ116, а частина вагонів працювала з повітророзподільниками № 483 на «порожньому» режимі. За результатами експериментів побудовано залежності зносу колодок від пробігу вагона, які показали істотний вплив режиму роботи повітророзподільника та величини сили натиснення на інтенсивність зносу (рис. 1).

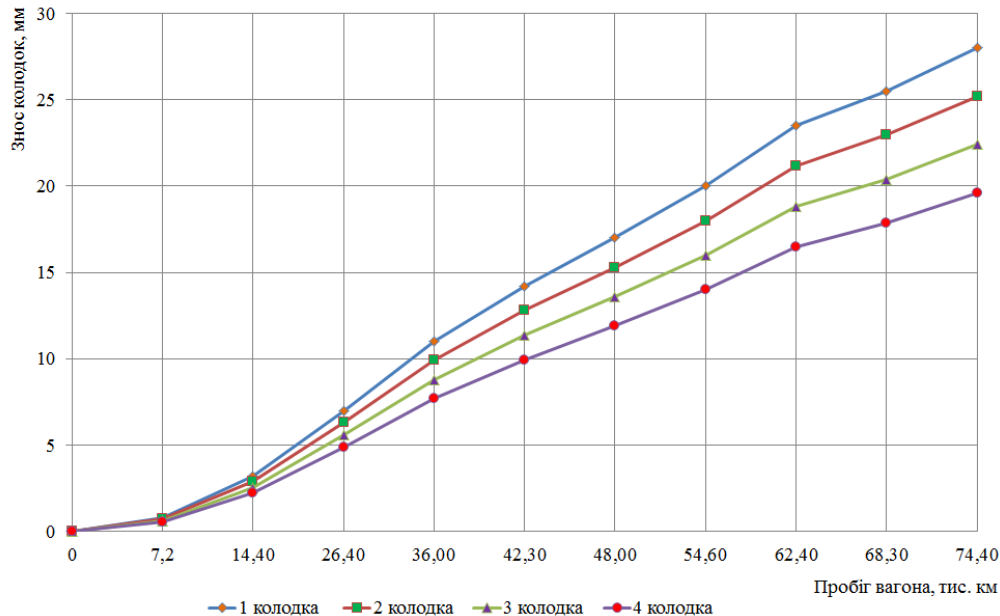


Рисунок 1 – Залежність зносу колодок візка вагона від пробігу на «порожньому» режимі роботи повітророзподільника

Розрахункові дослідження для сили натиснення 17,5 кН підтвердили, що швидкість зносу колодок значною мірою визначається нерівномірністю розподілу зусиль у ГВП [1]. Для врахування цього явища введено вагові коефіцієнти, які характеризують фактичний розподіл сили між колодками. Для досліджуваного випадку отримано значення $k_1=0,30$, $k_2=0,27$, $k_3=0,23$, $k_4=0,20$, що відображають конструкційну асиметрію передачі. Оптимізація цих коефіцієнтів дозволяє зменшити нерівномірність навантаження та знизити інтенсивність зносу. За пробігу 74,4 тис. км знос окремих колодок не перевищував 28 мм, що підтверджує можливість підвищення ресурсу за рахунок раціонального розподілу сил натиснення колодок на колеса.

Встановлено, що нерівномірність зносу композиційних гальмових колодок вантажних вагонів зумовлена сукупністю конструкційних та експлуатаційних чинників, серед яких визначальну роль відіграє розподіл сил у ГВП. Оптимізація параметрів передачі та сили натиснення дозволяє зменшити інтенсивність зносу і підвищити середній ресурс гальмової системи без зміни її принципової конструкції. Отримані результати можуть бути використані під час модернізації ГВП у вагоноремонтних підприємствах та при розробленні рекомендацій щодо підвищення економічної ефективності експлуатації вантажних вагонів.

Література

1. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015: затв. Нак. УЗ від 28.10. 1997 р. № 264-Ц. Київ. 2004. 146 с (документ чинний).
2. Мазур В. Л., Найдек В. Л., Попов Є. С. Порівняння чавунних і композиційних з чавунними вставками гальмових колодок для рухомого складу залізниці. Журнал. «Метал та лиття України». 2021. №2 (29). С. 30-39.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОРДОННИХ БОРТОВИХ ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ ГАЛЬМ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Равлюк В. Г.¹ д.т.н., професор, Дерев'янчук Я. В.¹ аспірант,
Дерев'янчук О. В.² к.фіз.-мат.н., доцент

¹Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

²Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці

Забезпечення безпеки руху поїздів значною мірою залежить від надійності функціонування гальмових систем пасажирського рухомого складу. Одним із ключових напрямів підвищення ефективності експлуатації гальм є впровадження сучасних засобів технічного діагностування, які дозволяють своєчасно виявляти несправності та контролювати технічний стан гальмового обладнання. У сфері залізничного транспорту застосовуються стаціонарні й бортові системи контролю гальм, які забезпечують моніторинг окремих вузлів і параметрів гальмових систем у процесі експлуатації.

У роботі розглянуто сучасні бортові системи контролю гальм, які реалізуються на основі інтеграції пневматичних, електронних та мікропроцесорних компонентів. Характерним прикладом є гальмова система високошвидкісного електропоїзда ICE (рис.), яка забезпечує комплексне керування та контроль усіх режимів гальмування.

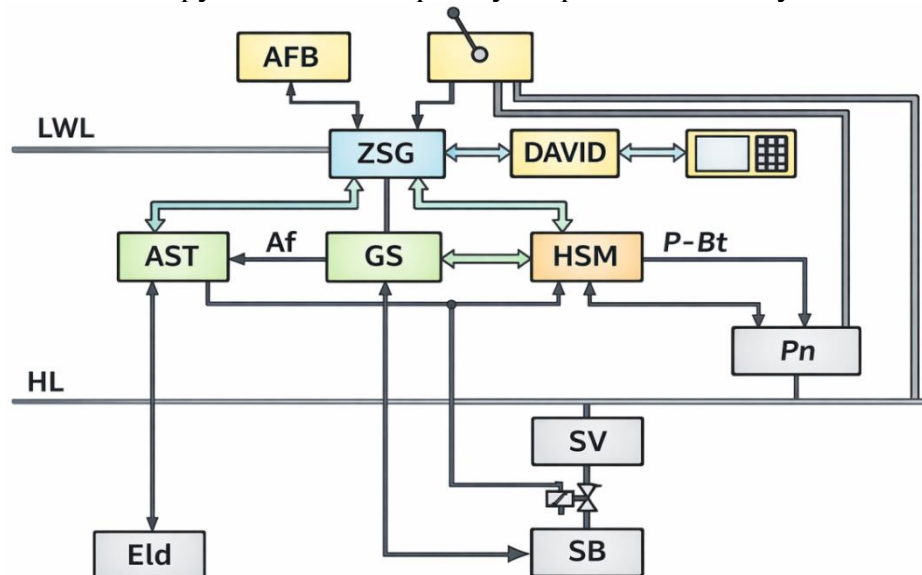


Рисунок. Схема управління гальмами моторного вагона ICE

Визначено, що до складу бортової системи контролю входять система автоматичного керування режимами тяги та гальмування (AFB), пристрій керування поїздом (ZSG), центральна діагностична обчислювальна система (DAVID) і волоконно-оптичний канал зв'язку (LWL). До системи також належать контролер (ручка) гальмового крана машиніста та електронна частина (HSM), система керування тяговим приводом (AST), сигнал відмови (Af) і протиюзовий захист (GS), а також пневматичні елементи — перемикання режиму (P-Bt), обладнання (Pn), гальмова магістраль (HL), повітророзподільник (SV) та гальмові засоби: електродинамічне гальмо (Eld) і дискове гальмо (SB).

Функціональні можливості системи включають: автоматичне і ручне керування гальмами, узгоджену роботу електродинамічного та пневматичного гальма, безперервний контроль технічного стану, інформування машиніста про несправності, а також автоматичне проведення випробувань гальм із реєстрацією параметрів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в узагальненні та систематизації принципів побудови сучасних бортових систем контролю гальм пасажирського рухомого

складу, а також у визначенні особливостей їх функціонування в умовах інтеграції пневматичних, електронних і цифрових технологій. Отримано подальший розвиток підходів до застосування розподілених діагностичних модулів та інтелектуальних методів обробки даних для підвищення надійності гальмових систем.

За результатами досліджень встановлено, що важливою особливістю сучасних гальмових систем є можливість переходу на резервне пневматичне керування у разі відмови електронної системи. Основу системи становить мікропроцесорний кран машиніста з контролером, який взаємодіє з центральною системою керування поїздом і діагностичною обчислювальною системою. Передача даних між елементами здійснюється через волоконно-оптичні канали зв'язку, що забезпечує високу швидкість і надійність обміну інформацією.

Встановлено, що у проміжних вагонах застосовуються окремі діагностичні модулі, які виконують збір, обробку та передачу інформації від датчиків до центральної системи керування. Це дозволяє реалізувати розподілену систему контролю та підвищити достовірність діагностування і загальну надійність функціонування гальмової системи.

Перспективним напрямом є інтеграція систем контролю гальм із протиюзовими пристроями. У таких системах використовуються сигнали від датчиків, розміщених на колісних парах і в гальмових циліндрах, які обробляються мікроконтролерами з метою запобігання юзу коліс і підвищення ефективності гальмування.

Проаналізовано світовий досвід експлуатації електропневматичних гальм. Їх впровадження дозволяє зменшити витрати палива на 5-15 %, підвищити пропускну здатність до 20 %, покращити керованість поїздів та знизити знос гальмових елементів на 25-35 %. Такі результати досягаються завдяки підвищенню точності керування гальмовими процесами та зменшенню динамічних навантажень у поїзді.

В умовах цифровізації залізничного транспорту активно впроваджуються інтелектуальні системи діагностування гальм. Вони забезпечують моніторинг у режимі реального часу таких параметрів, як тиск у гальмовій системі, витоки повітря, температура вузлів і ступінь зносу гальмових елементів. Використання мікропроцесорних сенсорних модулів у поєднанні з методами машинного навчання дозволяє автоматично виявляти несправності та прогнозувати залишковий ресурс елементів гальмової системи, що забезпечує перехід до обслуговування за технічним станом.

Узагальнено, що сучасні системи діагностування гальм базуються на інтеграції пневматичних, електронних і цифрових технологій, що забезпечує високий рівень надійності та ефективності їх функціонування.

Визначено, що застосування мікропроцесорних систем керування і діагностування забезпечує безперервний контроль параметрів гальм у режимі реального часу, своєчасне виявлення несправностей та підвищення безпеки руху поїздів.

Література

1. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015: затв. Нак. УЗ від 28.10. 1997 р. № 264-Ц. Київ. 2004. 146 с (документ чинний).
2. Kawaguchi K. Development of Low Cost Long Life Antilock Brake System for Freight Trains. Rellway Tehnology Avalanche №9, August 1, 2005, S. 5
3. Eckert J. J., Teodoro Í. P., Lopes M. V., Wu Q., Santos A. A. Multi-objective optimization of electro-pneumatic braking process with fuzzy logic control for heavy haul railway applications. Railway Sciences and Engineering. 2024. P. 332 – 351. <https://doi.org/10.1080/23248378.2024.2338837>

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТИРИСТОРНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ УКРАЇНИ

Зімовченко В. В., Брошко Р. М., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Реалізація стратегічної мети - створення конкурентоспроможної економіки України та забезпечення високого рівня життя громадян потребує активного використання наукового потенціалу держави у створенні новітніх енергозберігаючих техніки та технологій, запровадження реально працюючих економічних моделей розвитку енергоефективної економіки та, на їх основі, вивільнення творчого потенціалу працівників підприємств до вивільнення потенціалу енергозбереження у всіх галузях економіки України. Розробка тиристорних перетворювачів напруги (ТПН), призначених для роботи з асинхронними двигунами є одним з дуже важливих напрямків розвитку сучасного асинхронного технологічного електроприводу.

Проведено аналіз вентильних перетворювачів з характеристиками джерела струму. На основі проведеного аналізу, для найбільш енергоємних споживачів рекомендований токопараметричний перетворювач, який має стандартну струмову характеристику.

Сучасний технічний розвиток пред'являє потребу зростання вимоги до джерел і перетворювачів електричної енергії за надійністю і економічністю. Виробництво і розподіл електричної енергії, в промисловості і побуті, в основному здійснюється на змінному струмі при частоті 50 Гц. У той же час 30% і більше виробленої електроенергії споживається на від перетворювачів змінного в постійний струм. Для перетворення змінного струму в постійний струм, широко використовуються напівпровідникові перетворювачі.

Для цілого ряду електротехнологічних споживачів постійного струму (електроліз кольорових металів і хімічних елементів, гальванопластика, зарядка акумуляторних батарей, робота електродугової печі постійного струму, електрозварювання постійним струмом, і т. д.) потрібна стабілізація і регулювання струму живлення. Дані споживачі мають нелінійну вольтамперну характеристику і малий диференціальний опір. При дослідженні електромагнітних процесів дані пристрої споживання можуть бути відображені у вигляді навантаження з протидією ЕРС.

Якість регулювання потужності, яка передається від джерела живлення до керованого пристрою, залежить від узгодження їх вольтамперних характеристик. В оптимальному випадку джерело і споживач повинні мати максимально близькі та "протилежні" характеристики. Отже, для живлення навантаження з малим диференціальним опором необхідне джерело струму.

Існує вже відомий ряд перетворювачів з характеристиками джерел струму.

Розглянемо деякі з них:

- магніто-тиристорні перетворювачі (МТП), в побудові яких використовуються дроселі насичення з розділеними робочими обмотками. Вони дозволяють здійснити керування режимом роботи по силовій ланці. Струм навантаження при роботі на лінійній ділянці не залежить від напруги, частоти та опору навантаження а визначається тільки струмом керування.

- перетворювачі з дозованим передачею енергії з мережі в навантаження, що використовують явище перезарядки конденсатора, включеного в діагональ тиристорного мосту. Найкращим чином такі перетворювачі можуть використовуватися в режимі параметричної стабілізації струму при роботі на навантаження з круто спадаючою зовнішньою характеристикою.

- асинхронні генератори (АГ) з конденсаторним збудженням працюють в режимі джерела струму. Наведена схема роботи АГ на навантаження постійного струму.

- вентильно-ємнісні перетворювачі, що представляють собою діод- конденсаторні схеми, що працюють в режимі близькому до лагідному замикання ланцюга навантаження.
- в керованих вентильних перетворювачах, характеристики джерела струму формуються за рахунок від'ємного зворотного зв'язку по струму. Регулюванням величини вихідної напруги перетворювача забезпечує підтримку постійного струму в навантаженні.

Керовані вентильні перетворювачі, побудовані на базі замкнутих систем стабілізації струму. Вони дозволяють регулювати величину струму навантаження в широких межах та є досить надійними. Недоліками даних перетворювачів є: складність схемотехніки; підвищені вимогами до стійкості; негативний впливом на мережу.

В основному напруга енергоємних споживачів змінюється в широких межах, то коефіцієнт зсуву перетворювальних пристроїв падає нижче номінальної величини. Також впливає неузгодженість динамічних ВАХ джерела і приймача, відповідно є значні пульсації випрямленого струму, особливо при кутах регулювання близьких до дев'яносто градусів.

Струмопараметричні перетворювачі (СПП), розроблені на базі параметричного джерела струму (ПДС) володіють стандартною струмовою характеристикою. Ці перетворювачі мають ряд істотних переваг в порівнянні з керованими вентильними перетворювачами зі зворотним зв'язком по струму:

- високий коефіцієнт потужності у всьому діапазоні вихідних напруг;
- стійкість до появи коротких замикань (електродугова зварка);
- можливість запаралелити роботу декількох таких перетворювачів на загальне навантаження, що дозволяє створювати джерела струму практично будь-якої потужності;
- зменшення коефіцієнта гармонік споживаного струму мережі в порівнянні з традиційними перетворювачами напруги.

Володіючи частково гіршими масогабаритними показниками, в порівнянні з іншими агрегатами, джерела живлення з ПДС показали кращі енергетичні характеристики. Залежно від номінальної потужності джерела їх ККД становить 93- 96%. У джерел з ПДС він падає максимально до 0,9.

Порівняння проводилося за встановленою потужністю конденсаторів і реакторів. Розрахунок робився для керованого мостового випрямляча з вихідним компенсаційним фільтром, який працює в режимі стабілізатора струму на низкоомне активне навантаження з індуктивним фільтром.

На підставі вищезгаданого вважається найбільш доцільним застосування вентильних перетворювачів на базі параметричних джерел струму для споживачів з нелінійною вольтамперною характеристикою, особливо для енергоємних споживачів.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТИРИСТОРНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Гураль М. В., Брожко Р. М., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Тиристорні перетворювачі напруги (ТПН), призначені для роботи з асинхронними двигунами є одним з дуже важливих елементів розвитку сучасного асинхронного технологічного електроприводу.

На основі проведеного аналізу для найбільш енергоємних споживачів рекомендований токопараметричний перетворювач, який має стандартну струмову характеристику.

Сучасний технічний розвиток пред'являє вагоме зростання вимоги до джерел і перетворювачів електричної енергії за надійністю і економічністю. Виробництво і розподіл електричної енергії в промисловості і побуті, в основному здійснюється на змінному струмі при частоті 50 Гц. У той же час 30% і більше виробленої електроенергії споживається від перетворювачів змінного струму в постійний струм. Для перетворення змінного струму в постійний струм широко використовуються напівпровідникові перетворювачі [1].

Для цілого ряду електротехнологічних споживачів постійного струму (електроліз кольорових металів і хімічних елементів, гальванопластика, зарядка акумуляторних батарей, робота електродугової печі постійного струму, електрозварювання постійним струмом, і т. д.) потрібна стабілізація і регулювання струму живлення. Дані споживачі мають нелінійну вольтамперну характеристику і малий диференціальний опір. При дослідженні електромагнітних процесів дані пристрої споживання можуть бути відображені у вигляді навантаження з протидією ЕРС.

Якість регулювання потужності, яка передається від джерела живлення до керованого пристрою, залежить від узгодження їх вольтамперних характеристик. В оптимальному випадку джерело і споживач повинні мати максимально близькі та "протилежні" характеристики. Отже, для живлення навантаження з малим диференціальним опором необхідне джерело струму.

Існує вже відомий ряд перетворювачів з характеристиками джерел струму [2].

Розглянемо деякі з них:

- магніто-тиристорні перетворювачі (МТП), в побудові яких використовуються дроселі насичення з розділеними робочими обмотками. Вони дозволяють здійснити керування режимом роботи по силові ланці. Струм навантаження при роботі на лінійній ділянці не залежить від напруги, частоти та опору навантаження а визначається тільки струмом керування [1].

- перетворювачі з дозованим передачею енергії з мережі в навантаження, що використовують явище перезарядки конденсатора, включеного в діагональ тиристорного мосту. Найкращим чином такі перетворювачі можуть використовуватися в режимі параметричної стабілізації струму при роботі на навантаження з круто спадаючою зовнішньою характеристикою.

- асинхронні генератори (АГ) з конденсаторним збудженням працюють в режимі джерела струму. Наведена схема роботи АГ на навантаження постійного струму.

- вентильно-ємнісні перетворювачі, що представляють собою діод-конденсаторні схеми, що працюють в режимі близькому до лагідного замикання ланцюга навантаження.

- в керованих вентильних перетворювачах, характеристики джерела струму формуються за рахунок від'ємного зворотного зв'язку по струму. Регулювання величини вихідної напруги перетворювача забезпечує підтримку постійного струму в навантаженні.

Керовані вентильні перетворювачі побудовані на базі замкнутих систем стабілізації струму. Вони дозволяють регулювати величину струму навантаження в широких межах та є досить надійними. Недоліками даних перетворювачів є: складність схемотехніки; підвищені вимоги до стійкості; негативний вплив на мережу [2].

В основному напруга енергоємних споживачів змінюється в широких межах і коефіцієнт зсуву перетворювальних пристроїв падає нижче номінальної величини. Також на процес впливає неузгодженість динамічних ВАХ джерела і приймача, відповідно є значні пульсації випрямленого струму, особливо при кутах регулювання близьких до дев'яносто градусів.

Струмопараметричні перетворювачі (СПП), розроблені на базі параметричного джерела струму (ПДС) володіють стандартною струмовою характеристикою. Ці перетворювачі мають ряд істотних переваг в порівнянні з керованими вентильними перетворювачами зі зворотним зв'язком по струму, [1]:

високий коефіцієнт потужності у всьому діапазоні вихідних напруг;

стійкість до появи коротких замикань (електродугова зварка);

можливість запаралелити роботу декількох таких перетворювачів на загальне навантаження, що дозволяє створювати джерела струму практично будь-якої потужності;

зменшення коефіцієнта гармонік споживаного струму мережі в порівнянні з традиційними перетворювачами напруги.

Володіючи частково гіршими масогабаритними показниками в порівнянні з іншими агрегатами джерела живлення з ПДС показали кращі енергетичні характеристики. Залежно від номінальної потужності джерела їх ККД становить 93- 96%. У джерел з ПДС він падає максимально до 0,9 [1].

Порівняння проводилося за встановленою потужністю конденсаторів і реакторів. Розрахунок робився для керованого мостового випрямляча з вихідним компенсаційним фільтром, який працює в режимі стабілізатора струму на низькоомне активне навантаження з індуктивним фільтром.

На підставі вищезгаданого вважається найбільш доцільним застосування вентильних перетворювачів на базі параметричних джерел струму для споживачів з нелінійною вольтамперною характеристикою, особливо для енергоємних споживачів.

Література

1. Електротехніка та електроніка. Теоретичні відомості, розрахунки та дослідження за підтримкою комп'ютерних технологій: Навч. посіб. /Щерба А.А., Рябенський В.М., Кучеренко М.Є. та ін. – К.: "Корнійчук", 2007, - 488 с.

2. Основи схемотехніки електронних систем: Підручник /В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.І. Жуйков та ін. – К.: Вища шк., 2004.

**ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОПОДІБНИХ ЛИСТІВ
ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБШИВКИ СТІН НАПІВВАГОНІВ**

Ловська А. О.¹, д.т.н., професор, Павлюченков М. В.², к.т.н., доцент,
Семенов В. П.³, аспірант

¹Український державний університет залізничного транспорту

²Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

³Український державний університет залізничного транспорту

Розвиток економіки європейських країн є критично залежним від транспортної галузі. Вже тривалий час основна доля перевезень від їх загального об'єму припадає на залізничний транспорт [1, 2]. Для успішного функціонування залізничного транспорту важливим є забезпечення його високоефективним рухомим складом. Існуючий парк вантажних вагонів налічує велику кількість за конструкційними особливостями типів вагонів. Найбільшу частку із них складають напіввагони. Обшивка кузовів напіввагонів є одним із часто пошкоджуваних елементів їх конструкції [3]. Типова обшивка кузова універсального напіввагона складається із виштампованих листів, які за висотою 1/3 від нижнього обв'язування мають товщину 5 мм та за висотою 2/3 від верхнього обв'язування – 3 мм. В процесі експлуатації обшивка кузова зазнає дії постійного тиску від перевозимого вантажу, а також бокових сил, що діють на вагон в експлуатації. Це сприяє виникненню таких пошкоджень обшивки, як деформації або тріщини. При вантажно-розвантажувальних операціях можуть мати місце розриви обшивки. Такі пошкодження не тільки викликають необхідність ремонту кузова, втрату вантажів на шляху прямування, а і можуть стати причиною транспортних подій. Тому виникає необхідність впровадження рішень, спрямованих на покращення міцності обшивки кузовів напіввагонів.

Метою дослідження є визначення доцільності застосування хвильоподібних листів для виготовлення обшивки стін напіввагонів. Досягнення даної мети проводилось шляхом розв'язку таких завдань:

- провести порівняльний аналіз показників міцності та маси хвильоподібних листів із типовими листами обшивки кузовів;
- провести оптимізаційні дослідження щодо вибору параметрів хвильоподібного листа обшивки;
- провести розрахунок на міцність кузова напіввагона із обшивкою, утвореною хвильоподібними листами.

Одним із можливих варіантів покращення міцності обшивки в експлуатації є виготовлення її із хвильоподібних листів. Наявність хвиль у геометрії листа покращує його жорсткість, а відповідно і міцність. Тому основною гіпотезою дослідження є те, що використання хвильоподібних листів у якості обшивки кузовів напіввагонів, сприятиме покращенню його міцності в експлуатації. Проведено порівняльний аналіз показників міцності та маси хвильоподібних листів із типовими листами обшивки кузовів. Встановлено, що використання хвильоподібного листа сприяє зменшенню напружень у обшивці на 18,4%, а переміщень на 26,5% у порівнянні із типовим листом. При цьому маса хвильоподібного листа на 25% є нижчою у порівнянні із типовим листом.

Проведено оптимізаційні дослідження щодо вибору параметрів хвильоподібного листа обшивки. В якості оптимізованих параметрів обрано товщину листа та висоту хвилі. Проведені розрахунки показали, що оптимальними з точки зору мінімальної матеріалоемності є такі параметри листа: товщина листа – 2 мм при висоті хвилі – 48 мм. При цьому маса листа складає 68 кг. Отримана маса листа на 32% менша за масу типового листа. Маса кузова напіввагона із урахуванням застосування хвильоподібних листів у якості обшивки бокових стін на 3,5% нижча за масу типової конструкції кузова.

Реалізовано розрахунок на міцність кузова напіввагона із обшивкою, утвореною хвилюподібними листами. Встановлено, що при найбільш неблагоприємному режимі навантаження кузова (удар) максимальні напруження склали 298,1 МПа та виникають в хребтовій балці. Однак ці напруження є нижчими за допустимі. Максимальні напруження в обшивці бокових стін склали близько 120 МПа. Ці напруження на 9,4% нижче ніж у типової конструкції.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проєктування сучасних конструкцій залізничних вагонів, їх модернізацій, а також підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту на сучасному етапі розвитку транспортної галузі.

Література

1. Woo Geun Lee, Jung-Seok Kim, Seung-Ju Sun, Jae-Yong Lim. The next generation material for lightweight railway car body structures: Magnesium alloys // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. 2018. Vol. 232. Issue 1. P. 25 – 42.
2. Tang J., Zhou Z., Chen H., Wang S. & Gutiérrez A. Research on the lightweight design of GFRP fabric pultrusion panels for railway vehicle // Compos. Struct. 2022. Vol. 286. 115221. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2022.115221>
3. Glib Vatulia, Alyona Lovska, Sergiy Myamlin, Andriy Rybin, Volodymyr Nerubatskyi, Denys Hordienko. Determining patterns in loading the body of a gondola with side wall cladding made from corrugated sheets under operating modes // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. №2/7 (122). P. 9 – 14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.275547>

ІНТЕГРАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В МІЖНАРОДНІ ТРАНСПОРТНІ КОРИДОРИ

Бауліна Г.С., к.т.н., доцент

Український державний університет залізничного транспорту

Інтеграція залізничного транспорту до міжнародних транспортних коридорів є одним із ключових напрямів розвитку сучасної транспортної системи Європи. Особливе значення в цьому процесі має Транс'європейська транспортна мережа (TEN-T), яка спрямована на створення єдиного, ефективного та сталого транспортного простору, що забезпечує безперешкодне переміщення пасажирів і вантажів між країнами.

Згідно з Регламентом (ЄС) № 1315/2013 [1], TEN-T охоплює два рівні: базовий (core network), який має бути завершений до 2030 року, та комплексний (comprehensive network) – до 2050 року. У межах цієї мережі залізничний транспорт визначається як пріоритетний вид транспорту, оскільки він забезпечує високу пропускну здатність, енергоефективність та менший вплив на довкілля порівняно з автомобільними перевезеннями.

Основною метою TEN-T є усунення вузьких місць у транспортній інфраструктурі, модернізація існуючих маршрутів і розвиток нових транспортних зв'язків. Залізничний транспорт відіграє важливу роль у цій системі, оскільки він є екологічно безпечнішим порівняно з автомобільним транспортом та забезпечує високу пропускну здатність на довгих дистанціях. У межах TEN-T передбачається розвиток високошвидкісних залізничних ліній, підвищення якості інфраструктури та впровадження сучасних систем управління рухом.

Інтеграція залізничного транспорту в TEN-T включає кілька ключових аспектів. По-перше, це технічна сумісність інфраструктури, що передбачає уніфікацію стандартів ширини колії, систем сигналізації, електрифікації та безпеки. По-друге, важливим є

впровадження єдиних цифрових технологій, зокрема Європейської системи управління залізничним рухом (ERTMS), яка дозволяє підвищити ефективність і безпеку перевезень [2]. По-третє, значну роль відіграє інституційна та нормативна гармонізація, що включає узгодження законодавства, тарифної політики та процедур перетину кордонів.

Для країн, що прагнуть інтегруватися в європейський транспортний простір, розвиток залізничної інфраструктури відповідно до стандартів TEN-T є стратегічним завданням. Це дозволяє підвищити транзитний потенціал держави, залучити інвестиції та забезпечити економічне зростання. Особливо актуальним це є для України, яка завдяки своєму географічному положенню може виступати важливим транспортним мостом між Європою та Азією. Водночас процес інтеграції супроводжується рядом викликів, серед яких – значні фінансові витрати на модернізацію інфраструктури, необхідність технічної перебудови існуючих систем, а також складність координації між різними країнами та інституціями. Крім того, важливим є забезпечення безперервності перевезень на кордонах, зокрема через різницю в ширині колії між країнами.

Таким чином, інтеграція залізничного транспорту до мережі TEN-T є комплексним і багатогранним процесом, що потребує узгоджених дій на національному та міжнародному рівнях. Реалізація цього процесу сприятиме підвищенню ефективності транспортної системи, зміцненню економічних зв'язків та забезпеченню сталого розвитку транспортної галузі.

Література

1 Регламент (ЄС) № 1315/2013 Європейського Парламенту та Ради Європи від 11 грудня 2013 р. Офіційний Вісник Європейського Союзу. URL: https://insat.org.ua/files/nav/law/3/reg_1315-2013_uk.pdf.

2 European Rail Traffic Management System (ERTMS). European Union Agency for Railways. URL: https://www.era.europa.eu/domains/infrastructure/european-rail-traffic-management-system-ertms_en.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ

Демяненко С. П., Брожко Р. М., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

На автономних об'єктах (автомобілі, судна, літаки) використовуються електроприводи різного застосування. Дуже часто в якості первинного джерела електроенергії виступає акумулятор. В цьому випадку питання енергоефективності системи джерело-споживач є актуальними. Одним із енергозберігаючих режимів роботи є рекуперативне гальмування ЕП. Він можливий, якщо в силовому ланцюгу між акумулятором і двигуном відсутні односпрямовані ланцюги. [1].

Розглянемо режими роботи тягового електроприводу автономного об'єкта з погляду максимальної енергоефективності. Під час роботи відбувається споживання електроенергії, яке можна розділити на дві складові:

- енергія втрат (нагрів частин електрообладнання)
- кінетична енергія руху.

Перша складова витрачається необоротно. Можливості її зниження відомі: підвищення ККД двигуна, кінематичної передачі та силового перетворювача.

Шляхами досягнення цих цілей є: використання високомоментних двигунів з збудженням від постійних магнітів, мінімізація кількості ланок кінематичного ланцюга, застосування силових ключів з низьким падінням напруги (MOSFET).

Розглянемо схему, що містить вентильний двигун, який при певних припущеннях в генераторному режимі можна представити наступною схемою, наведеною на рис.

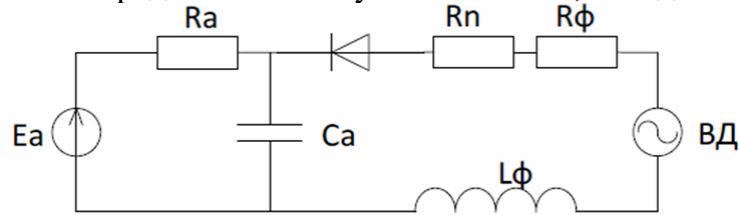


Рисунок. Схема заміщення

На підставі схеми рис. і виходячи з рівнянь [1], що описують роботу акумулятора, перетворювача та двигуна, можна скласти структурну схему автономного електроприводу. Акумулятор має внутрішню ємність (C_a) та опір (R_a). При підключенні навантаження напруга на акумуляторі визначається рівнянням:

$$U_{ак}(p) = \frac{K_a}{T_{ap}+1} \times E_{ак}(p),$$

де K_a , T_a коефіцієнт та постійна часу акумулятора.

Силовий перетворювач може бути представлений аперіодичною ланкою

$$W_{ПР}(p) = \frac{K_{П}}{T_{ПР}+1},$$

де $K_{П}$ і $T_{П}$ - коефіцієнт та постійна часу перетворювача.

Рівняння розряду та заряду містять ЕРС поляризації E_n :

$$U_p = E_a - E_n - I r_0 t$$

$$U_z = E_a + E_n + I r_0 t,$$

де U_p , U_z напруги розряду та заряду t - час процесу.

У процесі роботи напруга акумулятора може змінюватися, для обліку цього використовується множина. Струм, що протікає двигуном, призводить до розряду акумулятора.

У режимі гальмування знижується U_a . Запасена кінетична енергія підтримує рівень E_a , що у результаті призводить зміну струму I_a .

Література

1. Основи електропривода: підручник / Ю.М. Лавріненко, П.І. Савченко, О.Ю. Синявський, Д.Г. Войтюк, В.В. Савченко, І.М. Голодний. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. – 524 с.

БАГАТОЛІНКОВИЙ WI-FI 7 В ІОТ-МЕРЕЖАХ

Карнаух Д.М., Тягунова М.Ю. к.т.н., доцент, Киричек Г.Г. к.т.н., доцент

Національний університет "Запорізька політехніка"

У сучасному світі бездротові технології стали основою функціонування «розумних» систем, які використовуються у промисловості, транспорті, міській інфраструктурі та системах безпеки. Особливого значення набувають IoT-мережі, у яких одночасно працюють відеокамери високої роздільної здатності та LiDAR-сенсори. Саме вони забезпечують комп'ютерний зір, автономну навігацію, відеоаналітику та просторове сканування середовища. Однак разом із новими можливостями виникає й нова проблема — надзвичайно великі обсяги даних, які необхідно передавати без затримок і втрат.

Для систем реального часу навіть короткочасне погіршення якості зв'язку може мати критичні наслідки. Якщо відеопотік затримується, система втрачає плавність відображення та точність аналізу сцени. Якщо ж із затримкою надходять LiDAR-дані, порушується синхронізація сенсорів, що негативно впливає на алгоритми просторової орієнтації та керування. Саме тому сучасні IoT-архітектури потребують принципово нових підходів до організації бездротової передачі даних.

Одним із найперспективніших рішень сьогодні є стандарт IEEE 802.11be, більш відомий як Wi-Fi 7. Його головна перевага полягає не лише у збільшенні швидкості передачі, а й у появі механізму Multi-Link Operation (MLO). На відміну від традиційних мереж, де пристрій працює через один канал зв'язку, Wi-Fi 7 дозволяє одночасно використовувати декілька частотних діапазонів — 2,4, 5 та 6 ГГц. Це фактично створює багатолінкову систему передачі даних, у якій навантаження може розподілятися між кількома незалежними каналами.

Практичне значення такого підходу особливо помітне саме в IoT-системах із відеокамерами та LiDAR. Відеотрафік характеризується великим постійним потоком даних, який періодично змінюється залежно від складності сцени або появи ключових кадрів. LiDAR, навпаки, передає інформацію короткими, але дуже інтенсивними імпульсами. Коли ці два типи трафіку використовують один канал, між ними виникає конкуренція за доступ до ефіру. Це призводить до збільшення затримок, появи повторних передач і втрат пакетів.

Механізм MLO дозволяє уникнути подібних перевантажень. Наприклад, LiDAR-пакети можуть передаватися через менш завантажений канал із мінімальною затримкою, тоді як відеотрафік — через лінк із більш стабільною пропускну здатністю. Таким чином система отримує можливість динамічно адаптуватися до поточного стану мережі. Фактично Wi-Fi 7 перетворює бездротову мережу на інтелектуальне середовище, здатне самостійно обирати найефективніший шлях передачі даних.

Дослідження показують, що багатолінкова архітектура значно зменшує не лише середню затримку, а й так звану tail-latency — критичні пікові затримки, які найбільше впливають на системи реального часу. Саме ці короткочасні перевантаження найчастіше стають причиною помилок у роботі сенсорних комплексів. Використання MLO дозволяє «розподіляти ризики» між кількома каналами, тому ймовірність одночасного перевантаження всієї системи суттєво знижується.

У роботі було проведено моделювання IoT-мережі, що включала відеокамери та LiDAR-сенсори. Результати продемонстрували, що перехід від одночастотної архітектури до Multi-Link Operation забезпечує істотне покращення показників QoS. Середня затримка передачі зменшилася більш ніж удвічі, значно скоротилися втрати пакетів і кількість повторних передач. Особливо важливим є те, що система стала більш стабільною навіть під час пікових навантажень.

Ще одним важливим аспектом є адаптивний розподіл трафіку. У сучасних умовах вже недостатньо просто мати декілька каналів зв'язку — необхідно постійно аналізувати їхній стан і приймати рішення щодо оптимального маршруту передачі даних. Саме тому перспективними стають алгоритми, які враховують затримку, рівень завантаження та ймовірність помилок у кожному каналі. Для LiDAR-пріоритетними є мінімальні затримки та висока надійність, тоді як для відео критично важливою є стабільність пропускної здатності та низький джитер.

Особливу роль у майбутньому відіграватиме поєднання Wi-Fi 7 із технологіями штучного інтелекту та машинного навчання. Інтелектуальні алгоритми зможуть прогнозувати стан радіосередовища, передбачати перевантаження та автоматично перебудовувати маршрути передачі даних. Це відкриває перспективи створення повністю адаптивних сенсорних мереж для автономного транспорту, промислових комплексів і систем «розумного міста».

Отже, технологія Multi-Link Operation у Wi-Fi 7 є не просто черговим етапом розвитку бездротових мереж, а фундаментом для побудови нової генерації IoT-інфраструктур. Використання багатолінкових механізмів дозволяє суттєво підвищити надійність, стабільність і швидкодію передачі даних у високонавантажених системах реального часу. Саме тому Wi-Fi 7 уже сьогодні розглядається як одна з ключових технологій майбутніх автономних і сенсорних середовищ.

ТЕХНОЛОГІЯ RAG ДЛЯ ОСВІТНІХ ПЛАТФОРМ

Філіппенков К.Ю., Тягунова М.Ю., к.т.н., доцент, Киричек Г.Г., к.т.н., доцент,
Галушка С.О.

Національний університет "Запорізька політехніка"

Сучасна освіта дедалі активніше інтегрує технології штучного інтелекту у навчальний процес. Особливої актуальності це набуває для STEM-освіти та підготовки фахівців у галузі комп'ютерних наук, де студенти постійно працюють із великими обсягами інформації, технічною документацією, програмним кодом і науковими матеріалами. На цьому тлі великі мовні моделі, такі як GPT, Claude чи Gemini, відкривають нові можливості для створення інтелектуальних освітніх помічників. Водночас використання лише одного AI-сервісу створює низку проблем: залежність від конкретного провайдера, обмеження функціональності, високу вартість або ризики втрати доступу до сервісу.

Саме тому перспективним напрямом розвитку освітніх AI-систем стає мультипровайдерний підхід, коли платформа здатна працювати одночасно з різними мовними моделями та автоматично адаптуватися до потреб користувача. Така архітектура дозволяє поєднати переваги локальних і хмарних рішень, забезпечуючи гнучкість, економічність та стійкість роботи системи.

Основою запропонованої концепції є технологія Retrieval-Augmented Generation (RAG). Її головна перевага полягає в тому, що чатбот формує відповіді не лише на основі знань моделі, а й використовує конкретні навчальні матеріали: лекції, методичні рекомендації, наукові статті чи програмну документацію. Завдяки цьому відповіді стають більш точними, прив'язаними до навчальної програми та супроводжуються посиланнями на джерела. Такий підхід сприяє розвитку академічної доброчесності та допомагає студентам не просто отримувати готові відповіді, а працювати з першоджерелами.

Архітектура системи будується за модульним принципом. Вона включає вебінтерфейс для взаємодії зі студентом, механізми керування історією діалогів, систему пошуку релевантної інформації та окремий шар інтеграції з AI-провайдерами. Подібний

підхід дозволяє незалежно оновлювати окремі компоненти системи, підключати нові моделі або змінювати налаштування без необхідності повної перебудови платформи.

Важливим елементом є так званий *provider abstraction layer* — шар абстракції провайдерів. Його функція полягає в тому, щоб приховати технічні відмінності між різними AI-сервісами та забезпечити єдиний механізм роботи з ними. Завдяки цьому система може використовувати одну модель для генерації відповідей, а іншу — для створення ембедингів чи пошуку інформації. Якщо певний сервіс не підтримує необхідну функцію, система автоматично використовує альтернативний провайдер. Це значно підвищує надійність і гнучкість роботи освітнього чатбота.

Особливу увагу приділено механізмам роботи з контекстом діалогу. У реальному навчальному процесі студенти рідко ставлять ізольовані запитання — зазвичай вони уточнюють попередні відповіді або продовжують тему розмови. Для цього система використовує *history-aware reformulation* — механізм переформулювання запитів із урахуванням попереднього контексту. Наприклад, якщо студент запитує: «Чим це відрізняється?», система аналізує попередній діалог і самостійно уточнює, про який саме алгоритм чи концепцію йдеться.

Не менш важливою є підтримка прозорості роботи AI. Чатбот не лише надає відповідь, а й демонструє джерела інформації, фрагменти документів та метадані. Це допомагає студентам перевіряти інформацію, розвивати критичне мислення та формувати навички академічної роботи з джерелами.

Запропонована архітектура може використовуватися в різних освітніх сценаріях. Вона ефективна для аналізу лекційних матеріалів, підтримки програмування, роботи з документацією, вивчення наукових статей і навіть організації рефлексивної діяльності студентів. Можливість експорту та імпорту історії діалогів дозволяє використовувати чатбот як інструмент документування навчального процесу, аналізу запитань студентів і оцінювання їхнього мислення.

Окремої уваги заслуговує економічний аспект використання великих мовних моделей. Дослідження демонструє, що локальні рішення на базі відкритих моделей можуть суттєво зменшити витрати закладу освіти. Хмарні сервіси забезпечують доступ до потужніших моделей, однак при великій кількості користувачів їх використання стає фінансово затратним. Саме тому найбільш перспективним виглядає гібридний підхід, коли прості запити обробляються локально, а складні задачі передаються до хмарних AI-моделей.

Таким чином, мультипровайдерні RAG-системи можуть стати основою нового покоління освітніх платформ, які поєднують можливості штучного інтелекту з вимогами сучасної освіти. Вони забезпечують не лише технологічну гнучкість і економічну ефективність, а й сприяють формуванню більш прозорого, персоналізованого та дослідницько орієнтованого освітнього середовища.

АНАЛІЗ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ТА КІНЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАКЦІЙ ПІРОЛІЗУ

Герасименко В.М., асп. кафедри ХІЕ, Зубцов Є.І., к.т.н., доцент
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У роботі розглянуто термодинамічні та кінетичні закономірності процесів піролізу органічних сполук. Показано, що узгодження термодинамічних і кінетичних параметрів дозволяє прогнозувати ефективність процесу піролізу.

Піроліз є одним із важливих процесів термічної переробки органічної сировини, який широко застосовується у нафтохімічній промисловості, енергетиці та технологіях утилізації і переробки відходів. Процес піролізу відбувається за високих температур у відсутності або при обмеженій кількості кисню та супроводжується складними хімічними перетвореннями. Його ефективність визначається як термодинамічними, так і кінетичними факторами.

Вивчення термодинамічних характеристик реакцій піролізу дозволяє оцінити можливість протікання реакцій, їх енергетичні параметри та рівноважний склад системи. Кінетичні дослідження, у свою чергу, дають змогу визначити швидкість реакцій та механізми їх перебігу.

Теоретичні основи процесу піролізу. Піроліз – це термічний розклад органічних речовин при температурах 400–900 °С без доступу кисню. У результаті процесу утворюються: газоподібні продукти (H_2 , CO , CH_4); рідкі продукти (смоли, масла); тверді залишки (кокс, вуглець).

Основними реакціями є: розщеплення С–С зв'язків; дегідрування; ізомеризація; полімеризація та конденсація.

Основні термодинамічні функції та аналіз процесів піролізу: зміна ентальпії (ΔH); зміна ентропії (ΔS); зміна енергії Гіббса (ΔG).

Критерій самоплинності процесу:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S,$$

якщо $\Delta G < 0$ — реакція є термодинамічно можливою, самоплиною;

якщо $\Delta G > 0$ — реакція не відбувається без зовнішнього впливу.

Для реакцій піролізу характерно: ендотермічний характер ($\Delta H > 0$); зростання ентропії ($\Delta S > 0$).

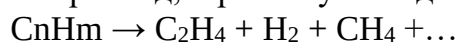
Термодинамічні параметри при стандартних умовах:
 $\Delta H^\circ = 74.8 \text{ кДж/моль}$; $\Delta S^\circ = 80.7 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$

Розрахуємо ΔG при 1000 К:

$$\Delta G = 74.8 - (1000 \times 0.0807) = -5.9 \text{ кДж/моль}$$

Це означає, що підвищення температури сприяє перебігу процесу та дозволяє розрахувати термодинамічні характеристики у широкому діапазоні температур. Дослідження показують, що для вуглеводнів (наприклад, н-пентану чи н-гептану) вільна енергія сильно залежить від температури в діапазоні 900–2000 К.

Наприклад, піроліз вуглеводнів:



Особливості: процес ендотермічний ($\Delta H > 0$); потребує високих температур (700–1200 К); зі зростанням температури збільшується вихід легких алкенів. Дослідження показують, що: максимальні виходи продуктів досягаються у певних температурних інтервалах; наприклад, для н-гептану оптимальні температури становлять ~900–1080 К.

Рівновага реакцій піролізу. Константа рівноваги визначається:

$$K = e^{-\Delta G/RT}$$

З підвищенням температури: зростає ступінь розкладу; збільшується вихід легких продуктів (етилен, пропілен). Наприклад, максимальний вихід продуктів піролізу н-гептану

досягається в інтервалі 900–1080 К. Знання К дозволяє визначити рівноважний склад продуктів піролізу.

Швидкість реакції

Швидкість піролізу описується рівнянням:

$$r = kC^n$$

де: k - константа швидкості реакції; n - порядок реакції

Температурна залежність (рівняння Арреніуса):

$$k = Ae\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

де: E_a - енергія активації; A - передекспоненційний множник.

Типові значення енергії активації

Реакція	Енергія активації
Піроліз алканів	200–350 кДж/моль
Піроліз полімерів	150–300 кДж/моль
Дегідрування	120–200 кДж/моль

З підвищенням температури швидкість реакцій піролізу різко зростає.

Більшість реакцій піролізу відбувається за радикальним механізмом, який включає три основні стадії: Ініціація (розрив хімічних зв'язків з утворенням радикалів) - $RH \rightarrow R + H$. Ланцюгові реакції: розвиток ланцюга - $R + RH \rightarrow R-H + R$; обрив ланцюга - $R + R \rightarrow R-R$.

З експериментів визначають: енергію активації; порядок реакції; механізм процесу.

Кінетичні дослідження дозволяють описати та показати, що швидкість утворення етилену та пропілену зростає у широкому температурному діапазоні при температурі понад 1100 К. Основні фактори: температура (ключовий фактор); час перебування; склад сировини; тиск. З підвищенням температури: зростає швидкість реакції; зменшується селективність. При температурі: 400–500°C — утворюється більше рідких продуктів; 700–900°C — переважають газоподібні продукти.

Характеристика	Термодинаміка	Кінетика
Визначає	можливість реакції	швидкість реакції, як швидко вона відбувається
Основний параметр	ΔG	k , E_a
Результат	рівновага	механізм

Навіть якщо $\Delta G < 0$, реакція може проходити повільно через високу енергію активації. Тому для оптимізації процесу необхідно враховувати обидва аспекти.

Процеси реакції піролізу є ендотермічними характеризуються складними термодинамічними та кінетичними закономірностями. Термодинамічний аналіз визначає можливість і напрямки реакцій піролізу. Температура є визначальним фактором як для рівноваги, так і для швидкості реакцій. Підвищення температури значно прискорює швидкість реакцій і змінює склад продуктів. Розрахунок енергії Гіббса дозволяє визначити можливість протікання реакцій при різних температурах. Кінетика реакцій піролізу підпорядковується рівнянню Арреніуса. Кінетичні параметри (E_a , k) дозволяють описати механізм процесу та встановити швидкість і механізм процесу. Узгодження термодинамічного та кінетичного аналізу забезпечує оптимізацію умов піролізу. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технологічних процесів піролізу

ГРАФІЧНІ РЕДАКТОРИ В ТРИВИМІРНІЙ СИСТЕМІ САПР

Сиров Є. В., група АТП-22д, Карпенко А. П., аспірант кафедри КІСУ,

Карпюк Л. В., ст.викладач

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

З появою можливості редагування тривимірних виробів та їх конструкції у фахівців багатьох традиційних професій виникла необхідність у використанні системи автоматизованого проектування (САПР). Прикладами САПР є AutoCAD та Inventor від компанії Autodesk.

AutoCAD – це комерційна програма, створена і поширювана компанією Autodesk. Вона використовується для автоматизованого проектування САПР у форматах 2D і 3D. Спочатку програма використовувалася в основному технічними фахівцями. В даний час AutoCAD використовується архітекторами, електриками і дизайнерами в інших областях, тому що Autodesk розширила програму багатьма спеціалізованими накладками, такими як AutoCAD Electrical, AutoCAD Mechanical, Mechanical Desktop, Architectural Desktop, Civil Design тощо. Починаючи з версії 2005 року, програма стала хорошим інструментом для створення 3D-моделі, за допомогою якого можна створювати фотореалістичні візуалізації. В AutoCAD найчастіше створюється 2D-документація, а потім на її основі створюються 3D-моделі та їх візуалізація.

Autodesk AutoCAD – сучасний програмний комплекс, який містить комплекс засобів, що забезпечують єдине тривимірне прототипування, в тому числі створення довільних форм, тіл і поверхонь. Даний пакет включає в себе ресурси конструкторської документації. Разом з тим є й додаткові засоби, призначені для застосування в різних сферах діяльності. Autodesk AutoCAD надає безліч потужних інструментів моделювання та проектування, а також можливість різних підходів до вирішення завдань моделювання. Основний принцип об'єктно-орієнтованого моделювання полягає в побудові моделей шляхом додавання простих об'єктів по одному.

Autodesk Inventor – одна з найпоширеніших систем у 3D-CAD. Програма створена для дослідження документації (креслеників тощо) та для розробки цифрових прототипів виробів і деталей. Інструменти Autodesk Inventor дозволяють реалізувати збірки з листового матеріалу будь-якої складності та отримати їх розгортки в тривимірному просторі. Autodesk Inventor має деякі істотні переваги:

- 2D- та 3D-моделювання;
- розробка трубопроводних та електричних систем;
- візуалізація конструкції;
- параметричний розрахунок деформовано-напруженого стану деталей;
- проектування різних виробів з пластмасових оснасток.

Autodesk Inventor – це ще один вид комерційних програм Autodesk. Це параметрична система, що дозволяє проектувати об'єкти в 3D-просторі з можливістю створення 2D- і 3D-документації. Ієрархічні моделі створюються у вигляді послідовних дерев історії операцій, що виконуються користувачем. Винахідник також може створювати збірки на основі 3D-моделей і виконувати їх презентацію. На додаток до всього Autodesk Inventor дозволяє конструювати твердотільні об'єкти, деталі та складанні одиниці, на основі яких виробляються всі необхідні кресленики та інші інженерні документи. Як результат, об'ємні моделі – початкова робота в Inventor, оскільки моделювання великої моделі дозволяє створювати кресленик деталі. На відміну від Autodesk AutoCAD, в даній програмі такі команди, як віднімання або витягування, виконуються разом з об'єднанням всього об'єкта, і будь-яка деталь персонально повинна бути занесена в програму як індивідуальний файл, що зіграє велику роль при складанні вузла.

Також слід зазначити, що вся історія створення та моделювання деталі або складаної одиниці в Autodesk Inventor зберігається в окремому вікні браузера, що сприяє моніторингу допущених помилок та їх виправленню.

Метод параметричного моделювання базується на можливості зміни характеристик моделі об'єкта з метою їх «підгонки» під початковий задум проекту. Слово «параметричний» означає, що геометричні параметри (розміри) конструкції можуть бути змінені в будь-який момент у процесі проектування. Параметричне моделювання здійснюється шляхом виявлення та створення ключових особливостей конструкції за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення. Змінні проекту, заявлені в ескізах і описані як параметричні відносини, потім можуть бути використані для швидкої зміни/оновлення проекту.

В Autodesk Inventor процес параметричного моделювання деталей складається з наступних етапів: створення грубого двовимірного ескізу основної форми базового елемента конструкції; застосування/зміна обмежень і розмірів до двовимірного ескізу; витягування параметричного двовимірного ескізу для створення базового твердого елемента конструкції; додавання додаткових параметричних об'єктів на основі відношення об'єктів і завершення проектування; аналіз ефективності виконання комп'ютерної моделі та коригування конструкції в міру необхідності; створення необхідних креслеників для документування проекту.

Кресленик у двовимірному просторі стає профілем, який використовується як основа для операції створення 3D-об'єкта. Основними прийомами створення 3D-об'єктів в Inventor, серед інших, є: видавлювання, поворот, витягування і переміщення. Для моделювання дуже складних об'єктів необхідні допоміжні конструктивні елементи, такі як поверхня, вісь або точка системи координат. Площини в основному використовуються як простір для ескізів. На основі 3D-моделі можна виконати 2D-документацію.

Виникло питання, яка ж з цих програм зручніша в роботі з 3D-моделями? Для цього виконали кресленики однієї деталі в обох редакторах. Потрібно було зрозуміти, в якому додатку робота буде виконана якісніше і швидше.

У ході роботи були використані наступні інструменти/команди: прямокутник, зміщення, дзеркало, масив, коло, видавлювання, віднімання, переміщення, циліндр і лофт.

Алгоритм виконання роботи був наступний: створення об'єктів з примітивів; створення тривимірних об'єктів з плоских примітивів з використанням звичайних інструментів; перетворення 2D-моделі в 3D-об'єкт.

Висновок. У ході виконання роботи з'ясувалося, що зображення, отримане в Autodesk Inventor, дає більш повне уявлення про геометричну форму деталі, дозволяє повністю добудовувати відсутні види і наносити розміри. Деталь, виконана в середовищі Inventor, відрізняється зрозумілою конструкцією виробу. Inventor відрізняється від Autodesk AutoCAD легкістю в освоєнні та можливістю виконання збірки декількох деталей. Також Inventor дозволяє працювати з 3D-об'єктами відразу, що займає менше часу, ніж побудова кресленика в 2D, а потім перетворення в тривимірний об'єкт, як це робиться в програмному забезпеченні AutoCAD.

Проте, Autodesk AutoCAD можна рекомендувати початківцям-інженерам, студентам і учням, які тільки починають шлях проектування в САПР. Можливості ж нових версій AutoCAD називають справжнім технологічним проривом, який гідно оцінять мільйони користувачів цього програмного продукту. AutoCAD теж став параметричним, і тепер за будь-яких змін між об'єктами підтримуються задані користувачами взаємозв'язки. Це дає змогу значно скоротити час на внесення змін до проектів.

Виходячи з вищесказаного, САПР є хорошим інструментом, ефективним у роботі сучасних інженерів, а також полегшує процес викладання технічних дисциплін.

MODEL-BASED CONTROL OF A SYNTHESIS REACTOR IN THE PRODUCTION OF PHARMACEUTICAL CHEMICALS

Trohimenko A.O., Kupina O.A.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The production of pharmaceutical chemicals requires high stability of technological parameters, since even small deviations in temperature, reagent concentration, pressure or residence time may significantly affect product quality, reaction selectivity and process safety. In this context, the synthesis reactor is one of the most important and complex technological objects. Its operation is usually connected with nonlinear reaction kinetics, heat release or heat absorption, limitations on temperature growth, changes in feed composition and strict requirements for the reproducibility of the final product.

The future dissertation research is devoted to the development and investigation of a complex computer-integrated control system for a synthesis reactor used in the production of pharmaceutical chemicals. The relevance of this topic is determined by the need to improve the accuracy of technological control, reduce the influence of disturbances, increase the stability of reaction conditions and ensure the required quality of pharmaceutical intermediates or active chemical compounds. Traditional control systems are often based on separate local control loops and do not always provide sufficient coordination between temperature, flow rate, pressure and concentration. Therefore, the use of a computer-integrated control system with model-based elements is an important direction for improving synthesis reactor operation.

A synthesis reactor can be considered as a multi-parameter control object. The main controlled variables may include reactor temperature, pressure, concentration of the target component, pH value, feed flow rate and coolant or heating medium flow rate. Among these parameters, temperature control is especially important, because the reaction rate, selectivity and safety of the process strongly depend on the thermal regime. In pharmaceutical chemical production, unstable temperature conditions may lead to incomplete conversion, formation of by-products or deterioration of product purity.

The proposed approach involves the development of a control structure that includes measuring devices, actuators, a programmable logic controller, a supervisory control and data acquisition system, and a mathematical model of the reactor. Sensors provide information about the current state of the process, while the controller calculates the required control actions for the heating or cooling system, reagent feed system and other executive mechanisms. The SCADA level can be used for process visualization, data archiving, alarm generation and analysis of technological trends.

An important stage of the research is the development of a mathematical model of the synthesis reactor. Such a model should reflect the relationship between input actions, disturbances and output parameters. It may include material balance equations, heat balance equations and simplified dependencies describing reaction kinetics. On the basis of this model, it is possible to investigate the dynamic behavior of the reactor, determine the influence of disturbances and evaluate the quality of automatic control. The main quality indicators may include settling time, overshoot, steady-state error, stability margin and the ability of the system to compensate for changes in feed composition or heat transfer conditions.

Such a figure makes it possible to evaluate the dynamic properties of the control system, including the speed of stabilization, the presence of overshoot and the ability of the controller to compensate for a disturbance, for example a change in feed composition or reaction heat release.

The expected result of the research is the development of a computer-integrated control structure for a synthesis reactor, including the determination of information flows, selection of controlled and manipulated variables, construction of a mathematical model, simulation of dynamic

modes and evaluation of control quality. The practical value of the proposed approach lies in the possibility of increasing the stability of pharmaceutical chemical production, reducing technological deviations, improving product quality and supporting safer reactor operation.

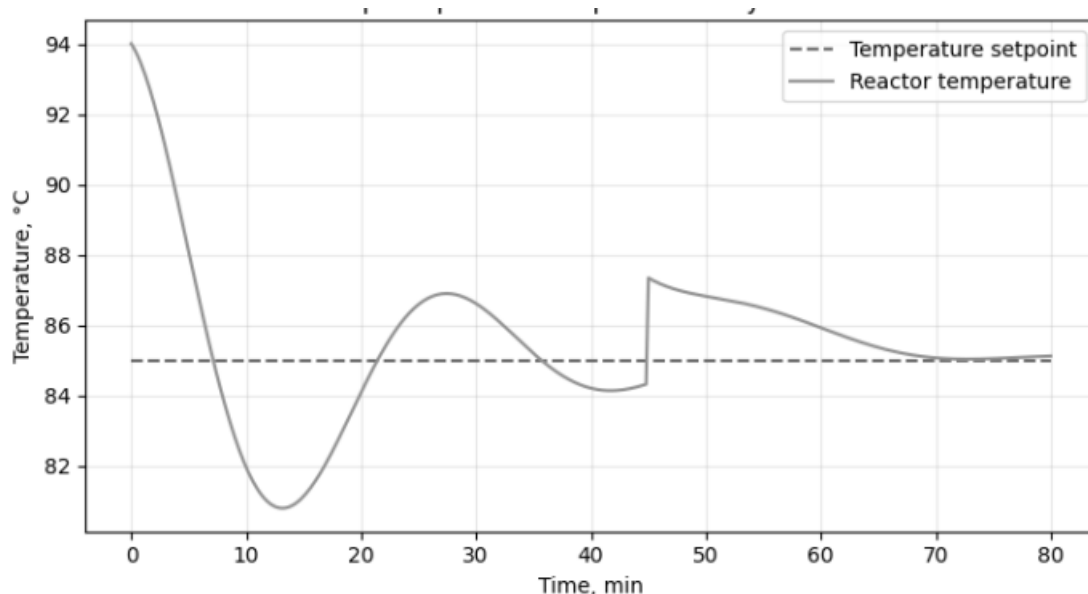


Figure — Closed-loop temperature response of a synthesis reactor

Thus, the development of a complex computer-integrated control system for a synthesis reactor is an important scientific and technical task. The combination of mathematical modeling, automatic control, PLC-based implementation and SCADA visualization allows the creation of a more reliable and flexible system for managing pharmaceutical synthesis processes under changing technological conditions.

КОНЦЕПЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОГО МЕЛІОРАНТУ-ДОБРИВА НА ОСНОВІ ФОСФОГІПСУ

Невмирич З.Д., Кравченко І.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Утилізація фосфогіпсу — побічного продукту виробництва екстракційної фосфорної кислоти — залишається однією з найбільш гострих екологічних проблем хімічної промисловості України. На території підприємств фосфорно-тукового комплексу — ПрАТ «Сумихімпром», ПАТ «Дніпровський завод мінеральних добрив» — у відвалах накопичено понад 60 млн т фосфогіпсу, що займає площу понад 200 га [1]. На кожен тону P_2O_5 у формі екстракційної фосфорної кислоти утворюється 4,5–5,5 т фосфогіпсу, тому щорічне нарощування обсягів відвалів становить сотні тисяч тонн на одне підприємство.

Незважаючи на значну кількість досліджень з утилізації фосфогіпсу — у напрямках виробництва гіпсових в'язучих [2], сільськогосподарської меліорації [3], хімічної переробки [4] — фактичний рівень утилізації цього відходу в Україні залишається низьким (за оцінками, не перевищує 5–10%). У сучасних умовах до традиційних екологічних проблем додалися нові виклики, пов'язані з воєнним станом: ризики аварійних викидів на пошкоджених підприємствах, обмеження доступу до сировинних майданчиків, дефіцит кваліфікованого персоналу, зростання вартості енергоносіїв та логістики. Ці обставини потребують переосмислення підходів до утилізації промислових відходів з урахуванням стратегії післявоєнного відновлення країни на засадах циркулярної економіки.

У цій роботі запропонована концепція виробництва гранульованого органо-мінерального меліоранту-добрива на основі фосфогіпсу як рішення, що поєднує екологічну, агрохімічну та стратегічну складові. На відміну від класичного підходу до використання фосфогіпсу як простого меліоранту солонцевих ґрунтів, концепція передбачає створення композитного продукту з рецептурою, оптимізованою під сировинну базу та потреби сільського господарства південних і південно-східних регіонів України. Базовий склад продукту: фосфогіпс після вапнякової нейтралізації — 70–75%; торф фрезерний як органічний компонент — 20–25%; вапняк мелений як структуратор — 3–5%; функціональні добавки (гумати, мікроелементи) — 0,1–1,0%. Готовий продукт характеризується вмістом $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 65–70%, органічної речовини 18–22%, P_2O_5 загального 1,2–1,8%, SO_3 35–40%, нейтральною реакцією (рН 6,5–7,5), товарною фракцією гранул 1–5 мм.

Технологічна схема включає дев'ять стадій: попередню нейтралізацію фосфогіпсу, підготовку торфу, дозування і змішування компонентів, барабанну грануляцію, сушіння у БГС-апараті, охолодження, ситову класифікацію та упакування. Розрахункова потужність установки — 80000 т/рік, що відповідає переробці близько 70000 т сухого фосфогіпсу.

Стратегічна цінність концепції в умовах післявоєнного відновлення України пов'язана з декількома взаємодоповнюючими чинниками. По-перше, технологія використовує виключно вітчизняну сировину (фосфогіпс — з відвалів українських підприємств, торф — з місцевих родовищ, вапняк — українського видобутку), що забезпечує повну незалежність від імпорту меліоративної продукції з Білорусі та країн ЄС. По-друге, продукт спрямовується на відновлення продуктивності близько 4,2 млн га солонцевих і солонцюватих ґрунтів південних регіонів — території, які потребують комплексного агроекологічного втручання. По-третє, помірна капіталоемність установки (~260 млн грн) та гнучкість модульного формату дозволяють поетапне впровадження з пілотною потужністю 30–40 тис. т/рік з подальшим розширенням, що відповідає реальним інвестиційним можливостям післявоєнного періоду. По-четверте, проєкт створює 60–80 робочих місць безпосередньо та близько 100–150 опосередковано (логістика, агросервіс), що має соціальне значення для регіонів, постраждалих від воєнних дій.

Очікуваний екологічний ефект — розробка 1,4 млн т фосфогіпсу з відвалів за 20 років експлуатації однієї установки, вивільнення 7 га земель, відвернений екологічний збиток обсягом 140–180 млн грн. Орієнтовний строк окупності — 4–5 років.

Запропонована концепція відповідає принципам циркулярної економіки, закріпленим у Національній стратегії управління відходами України до 2030 року та у Регламенті ЄС 2019/1009 щодо обігу добрив із вторинної сировини. Подальші дослідження мають бути спрямовані на лабораторну та польову апробацію оптимізованих рецептур, агрохімічні випробування продукції на типових солонцевих ґрунтах.

Список використаних джерел

1. Мальований, М., Свідовий, Б., Марченко, Л. Шляхи уникнення екологічної загрози від нагромаджень фосфогіпсу. Екологія і промисловість, 2012, №1, С.94-98., 94-98.
2. Rashad, A. M. Phosphogypsum as a construction material. Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 166. P. 732–743.
3. Макарова, Т. К. Особливості застосування фосфогіпсу на солонцюватих зрошуваних чорноземах. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки. 2013. Вип. 3(63). С. 145–153.
4. Фосфогіпс. Екологічно безпечні шляхи утилізації та використання [Текст] : монографія / Т. Г. Іващенко та ін. Херсон : Олді-плюс, 2019. 218с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ВАКУУМНОЮ ПАКУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Маткін Є.Б., Целіщев О.Б., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості особливого значення набуває забезпечення високої якості, безпечності та тривалого зберігання готової продукції. Одним із найбільш ефективних способів захисту харчових продуктів від псування є вакуумне пакування, яке дозволяє зменшити вплив кисню, уповільнити розвиток мікроорганізмів, зберегти смакові властивості, зовнішній вигляд і поживну цінність продукції. Водночас якість вакуумного пакування значною мірою залежить від точності керування технологічними параметрами процесу, зокрема рівнем вакууму, тривалістю відкачування повітря, температурою зварювання пакувального матеріалу, часом запаювання та охолодження шва.

Актуальність теми обумовлена тим, що значна частина вакуумного пакувального обладнання потребує підвищення рівня автоматизації, контролю стабільності технологічних режимів та зменшення впливу людського фактора на якість пакування. Недостатньо точне регулювання параметрів процесу може призводити до неповного видалення повітря з пакета, порушення герметичності шва, перегріву пакувального матеріалу, збільшення кількості бракованої продукції та зниження ефективності виробництва.

Метою роботи є обґрунтування підходу до автоматизації процесів управління вакуумною пакувальною машиною у харчовій промисловості на основі використання сучасних технічних засобів автоматизації, програмованого логічного контролера, датчиків тиску, температури та виконавчих механізмів.

Вакуумна пакувальна машина як об'єкт автоматизації являє собою технологічну систему, у якій послідовно виконуються операції завантаження продукту в пакувальний матеріал, закривання робочої камери, відкачування повітря, створення заданого рівня вакууму, запаювання пакета, охолодження шва, вирівнювання тиску та відкривання камери. Кожна з цих операцій повинна виконуватися у визначеній послідовності та з дотриманням заданих технологічних параметрів. Саме тому доцільним є використання автоматизованої системи керування, яка забезпечує контроль стану обладнання, регулювання параметрів процесу та захист машини від аварійних режимів.

Основними контрольованими параметрами у процесі вакуумного пакування є тиск у робочій камері, температура нагрівального елемента, час запаювання, тривалість циклу пакування та стан виконавчих механізмів. Для вимірювання рівня вакууму доцільно використовувати датчик абсолютного або відносного тиску, сигнал з якого надходить до програмованого логічного контролера. Температура зварювальної планки може контролюватися за допомогою термопари або термоперетворювача опору. Виконавчими механізмами системи є вакуумний насос, електромагнітні клапани, нагрівальний елемент, привід кришки або притискного механізму, а також сигнальні пристрої та панель оператора.

Запропонована структура автоматизованої системи керування передбачає використання PLC-контролера як центрального елемента системи. Контролер отримує сигнали від датчиків, обробляє їх відповідно до заданого алгоритму та формує керуючі дії на виконавчі механізми. Оператор через панель НМІ може задавати параметри технологічного циклу залежно від типу продукції, виду пакувального матеріалу та необхідного рівня вакууму.

Такий підхід дозволяє створювати окремі рецепти пакування для м'ясної, рибної, молочної, овочевої або готової кулінарної продукції.

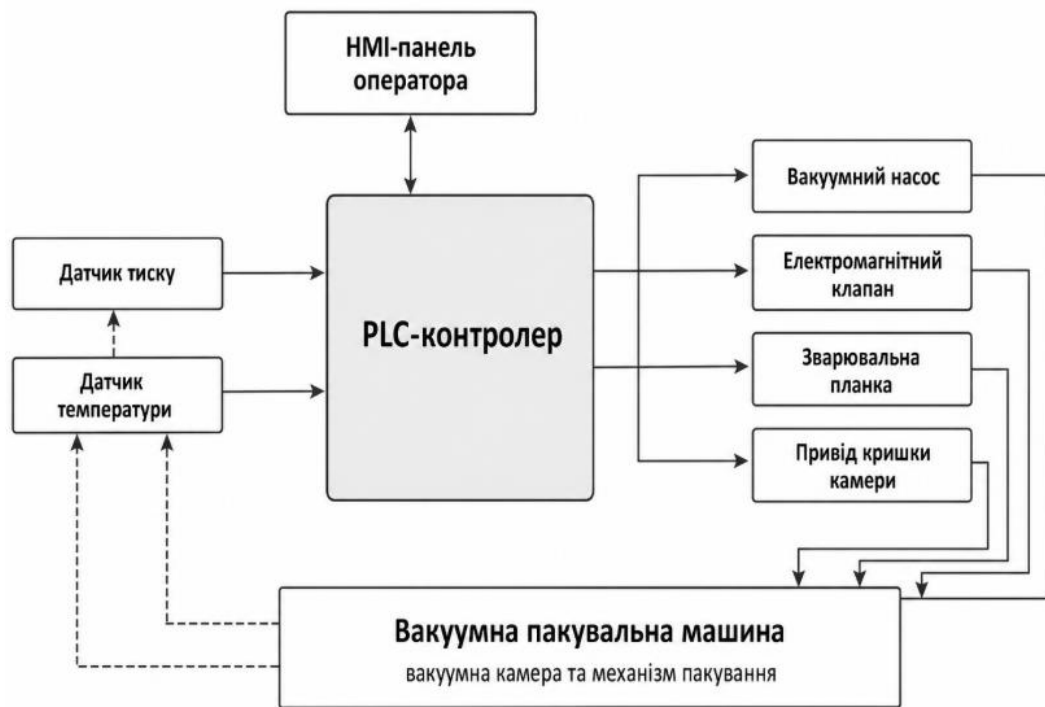


Рисунок – Структурна схема автоматизованої системи керування вакуумною пакувальною машиною

Алгоритм роботи автоматизованої системи може включати декілька основних етапів. На першому етапі здійснюється перевірка готовності обладнання до роботи: контролюється положення кришки, справність датчиків, стан вакуумного насоса та наявність аварійних сигналів. Після запуску циклу контролер вмикає вакуумний насос і відкриває відповідний клапан для відкачування повітря з камери. Коли тиск досягає заданого значення, система переходить до етапу запаювання. На цьому етапі контролер підтримує необхідний час нагріву та контролює температуру зварювального елемента. Після завершення запаювання виконується охолодження шва, вирівнювання тиску в камері та відкривання кришки. У разі відхилення параметрів від допустимих меж система повинна формувати аварійне повідомлення та зупиняти технологічний цикл.

Важливим завданням автоматизації є забезпечення стабільної якості зварного шва, оскільки саме герметичність пакета визначає ефективність вакуумного пакування. Для цього необхідно узгоджено керувати температурою нагрівального елемента, часом запаювання та силою притискання пакувального матеріалу. Надмірна температура може призвести до пошкодження плівки, а недостатня — до слабкого або негерметичного шва. Тому автоматичний контроль цих параметрів дозволяє зменшити кількість браку та підвищити надійність пакування.

Використання автоматизованої системи керування вакуумною пакувальною машиною має низку практичних переваг. Насамперед підвищується стабільність технологічного процесу, скорочується час виконання одного циклу, зменшується кількість ручних операцій і підвищується продуктивність обладнання. Крім того, автоматизація дозволяє здійснювати діагностику стану машини, фіксувати помилки, попереджати аварійні ситуації та забезпечувати більш зручну роботу оператора. Особливо важливим є те, що автоматизоване керування сприяє дотриманню санітарно-гігієнічних вимог, оскільки зменшує необхідність ручного втручання у процес пакування харчової продукції.

Таким чином, автоматизація процесів управління вакуумною пакувальною машиною є важливим напрямом удосконалення виробничих процесів у харчовій промисловості.

Використання програмованого логічного контролера, сучасних датчиків, виконавчих механізмів і панелі оператора дозволяє забезпечити точне керування технологічними параметрами, підвищити якість пакування, зменшити кількість браку та покращити експлуатаційні характеристики обладнання. Подальший розвиток таких систем може бути пов'язаний із впровадженням SCADA-систем, збором статистичних даних про роботу обладнання, прогнозуванням технічного стану вакуумного насоса та інтеграцією пакувальної машини у загальну цифрову систему керування виробництвом.

СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ, ЩО МІСТЯТЬ ХЛОР

Оридорога О. С., здобувач групи ХТ-24д, Золотарьова О. В., к.пед.н., доц.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У контексті вдосконалення технологічних процесів виробництва мінеральних добрив, одним із пріоритетних напрямків є постійне вдосконалення схем з метою максимізації коефіцієнтів використання вихідних матеріалів та енергетичних ресурсів, поліпшення якісних характеристик кінцевої продукції та підвищення її загальної ефективності. Спрощення апаратного обладнання сприяє мінімізації експлуатаційних витрат і, відповідно, веде до зниження собівартості готового продукту. Ключовим етапом у процесі синтезу складних добрив, що не містять хлору, є кислотне розщеплення фосфатовмісних вихідних матеріалів.

Пропонується метод виробництва безхлорних добрив шляхом взаємодії хлориду калію з ортофосфорною та сульфатною кислотами при температурі 225°C з одночасним видаленням хлоридом водню шляхом віддування, що призводить до формування кислих калійних солей зазначених кислот.

Розроблено та оптимізовано умови для проведення двостадійної амонізації отриманого розплаву (плаву). Сформовано наукову базу для отримання складних безхлорних добрив з можливістю широкого регулювання співвідношення ключових поживних елементів. Розроблена методика дозволяє отримувати безхлорні фосфатно-калійні добрива з показником співвідношення $P_2O_5 : K_2O = 1 : 1$ та загальною масовою концентрацією корисних речовин на рівні 25–26%. Калієвий компонент вводиться у вигляді побічного продукту, що утворюється при виробництві оксиду алюмінію з алуніту, який містить сульфат калію. Певна частка K_2SO_4 (у межах 10–30%) додавалася до реакційної суміші на фазі змішування фосфатної сировини з сульфатною кислотою, тоді як залишок подавався для змішування з камерним продуктом. Встановлена норма сульфатної кислоти (H_2SO_4) становила 70 масових частин на кожні 100 масових частин апатиту при концентрації кислоти 40–61%мас., що забезпечувало формування монокальційфосфату. Збільшення ступеня розкладання апатитового концентрату на етапі визрівання в камері дає змогу виключити необхідність у стадії складського дозрівання кінцевого продукту.

Підтверджена можливість використання концентрованої екстракційної фосфорної кислоти та збагаченого магнієм K_2SO_4 як вихідних компонентів. Ця технологічна схема дає змогу синтезувати добрива практично з будь-яким бажаним співвідношенням поживних речовин, а також з повним спектром необхідних мікроелементів, причому цей процес може бути реалізований на вже існуючому обладнанні цехів з виробництва складних добрив.

Проведені лабораторні експерименти науковцями переконливо довели можливість синтезу калійсуперфосфату, використовуючи метод переробки фосфатовмісної сировини за допомогою кислого бісульфату калію. Цей ключовий реагент отримують шляхом розкладання хлориду калію надмірною кількістю сульфатної кислоти. Слід зазначити, що пропорція P_2O_5 до оксиду калію K_2O у фінальному добриві безпосередньо залежить від співвідношення сульфату калію та сульфатної кислоти у складі кислого бісульфату калію.

Також було вивчено потенціал виробництва безхлорних калійно-фосфатних добрив через обробку Кінгісепського фосфористого борошна. Для цього процесу застосовувалася комбінація слабого розчину фосфатної кислоти (який містив 30% мас. P_2O_5) та бісульфату калію, причому сульфатна кислота була використана у недостатній кількості (приблизно 54% від стехіометричної норми).

Специфічний метод виробництва безхлорних NPK-добрив передбачав взаємодію твердого хлориду калію з рідким тетраоксидом діазоту (N_2O_4) у присутності фосфатної кислоти або ж суміші цієї кислоти з нітратною кислотою. Щоб забезпечити високу концентрацію корисних поживних речовин у кінцевому продукті, реакційний процес проводився з концентрацією кислот, що не перевищувала 8 грам-еквівалентів на літр. Утворений внаслідок хімічної реакції газоподібний нітрозилхлорид видалявся з реакційної суміші шляхом продування інертним газом, після чого, за потреби, його окислювали киснем. Це дозволяло відщепити хлор, а отриманий чотириоксид азоту знову направлявся на повторне використання у циклі. Кисла суспензія нітрату калію, яка залишалася після повного видалення нітрозилхлориду, проходила стадію нейтралізації за допомогою аміаку. Далі до цієї суміші додавалися солі амонію, наприклад, нітрати або фосфати, для досягнення бажаного співвідношення поживних компонентів, після чого суміш піддавалася сушінню та гранулюванню. Найкращий температурний режим для проведення цього процесу знаходився у діапазоні 70–80°C. Якщо розкладання хлориду калію здійснювалося фосфатною кислотою з масовою концентрацією P_2O_5 у 30,4%, в результаті отримувалися NPK-добрива з наступним співвідношенням поживних елементів за масою: 16,2% азоту (N), 16,5% фосфору (P) та 24,3% оксиду калію (K_2O).

Вважається, що особливий практичний інтерес представляє виробництво комплексного безхлорного добрива, в основі якого лежить нітратнокислотне розкладання фосфоритів, видобутих на родовищі Каратау. Таке комплексне добриво виробляється шляхом нейтралізації поташем витяжки, яка була попередньо звільнена від нітратної кислоти. Норма внесення поташу складала 85% від стехіометрично необхідної кількості. Кінцевий продукт, перерахований на суху речовину, містив 42,4% мас. поживних компонентів: 8,72% мас. калію (K), 10,32% мас. оксиду фосфору (P_2O_5) та 23,38% мас. оксиду калію (K_2O), що відповідало співвідношенню N : P_2O_5 : K_2O як 1 : 1,2 : 2,7. Важливо підкреслити, що весь вміст фосфору у цьому добриві знаходився у легкозасвоюваній рослинами формі.

З метою отримання висококонцентрованого фосфату калію, змішувалися нагріті розчини або шлами моноамонійфосфату та діамонійфосфату, а також шлам хлориду калію, розчинений у фосфатній кислоті. При цьому кислотність (pH) всієї суміші підтримувалася у вузькому діапазоні 4,0–4,5. Отриманий твердий осад, що складався переважно з монокальційфосфату, підлягав подальшому охолодженню.

Було проведено вивчення та успішне освоєння технологічного процесу для виробництва водорозчинних, безхлорних комплексних добрив, використовуючи установку з продуктивністю 0,5 тонни на годину. Цей процес передбачає нейтралізацію кислотних реагентів лужними речовинами, після чого до отриманих розчинів додають необхідні солі, які містять мікроелементи. Завершальним етапом є сушіння кінцевих розчинів у розпилювальній сушарці.

Технологія отримання концентрованих комплексних добрив, що характеризуються низьким вмістом хлору або його абсолютною відсутністю, реалізується наступним чином: продукт, одержаний в результаті нейтралізації гідроксиду калію ортофосфатною кислотою до рівня pH понад 10 (незалежно від використаного методу одержання), підлягає подальшій нейтралізації в апараті грануляційного типу, яким може бути шнековий лопатевий гранулятор або барабанний гранулятор. Ортофосфатну кислоту додають у такій кількості,

щоб досягти значення рН кінцевого продукту, яке має бути менше за 7. У процесі цієї стадії нейтралізації також вводять подрібнену частину вже одержаного продукту, а також калійну сіль та нітратний компонент. Отриманий матеріал піддається гранулюванню, після чого проводиться його сушіння. Введення калієвої солі здійснюється у формі хлориду, сульфату або нітрату калію, при цьому її кількість регулюється таким чином, щоб співвідношення оксиду фосфору до оксиду калію ($P_2O_5 : K_2O$) у фінальному твердому продукті знаходилося в межах від 1:0,6 до 1:1,2.

CODESYS – ПОМІЧНИК ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Салінко Р. І., група АТП-23д, Гритчин Р. В., аспірант кафедри КІСУ,

Карпюк Л. В., ст.викладач

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Платформа CoDeSys (Controller Development System) – це популярний апаратно незалежний комплекс для прикладного програмування програмованих логічних контролерів (ПЛК) та вбудованих контролерів. ПЛК – програмований логічний контролер є електронною складовою промислового контролера, що являє собою основу сучасних засобів автоматизації. Застосування ПЛК в якості спеціалізованих комп'ютеризованих засобів автоматизації передбачає їхнє тривале автономне використання практично без обслуговування і втручання людини, частіше всього, в складних умовах експлуатації. Основним його компонентом є середовище програмування на мовах стандарту IEC 61131.

Середовище розробки програм CoDeSys функціонує на персональному комп'ютері (ПК) і не має конкретної апаратної прив'язки, тому з її допомогою можна створювати програми для будь-яких контролерів. Система виконання функціонує в контролері і встановлюється його виробником. Вона забезпечить завантаження коду програми, його виконання, а також налагодження функції. Середовище розробки програм CoDeSys є безкоштовним, і його можна завантажити з сайту виробника. Цей програмний пакет може бути встановлений на комп'ютер, що працює під управлінням операційної системи Windows. Для завантаження написаної програми в будь-який конкретний ПЛК необхідний target-файл (файл цільової платформи), зазвичай поставляється виробником контролера. У цьому файлі знаходиться інформація про ресурси даного контролера, в тому числі – про його входи та виходи, типи і розташування даних в пам'яті і т.д.

До складу комплексу програмування ПЛК входять дві обов'язкові частини: середовище розробки програм та система виконання. Середовище розробки програм CoDeSys працює на персональному комп'ютері (ПК) і не має конкретної апаратної прив'язки, тому за його допомогою можна створювати програми для будь-яких контролерів. Система виконання (CoDeSys SP) працює в контролері та встановлюється його виробником. Вона забезпечує завантаження програмного коду, його виконання, а також функції налагодження.

Перевагою CoDeSys є наявність в ньому режиму емуляції, що дозволяє налагоджувати програми безпосередньо на комп'ютері, та не завантажуючи їх в контролер і без задіяння працюючого технологічного обладнання на стадії налагодження. Ця властивість дозволяє також широко використовувати CoDeSys в навчальному процесі.

Спочатку CoDeSys був орієнтований на завдання, що вимагають автономності, надійності та максимальної швидкості роботи при мінімізації апаратних засобів. Завдяки цьому він вийшов далеко за межі традиційних для IEC 61131 систем ПЛК. На сьогодні CoDeSys успішно застосовується у всіх без винятку галузях промисловості. Як продукт, CoDeSys орієнтований на виробників контролерів.

Середовище програмування – це та частина, з якою безпосередньо працює користувач (рис. 1). Вона функціонує на ПК і є основним компонентом комплексу. Вона включає редактори для дев'яти мов програмування ПЛК, у тому числі стандартні мови IEC 61131. Користувач може вибрати один із них і програмувати за допомогою простих засобів або ж задіяти всю потужність новітніх інструментів CoDeSys. На виході CoDeSys безпосередньо генерує швидкий машинний код. Підтримуються всі поширені сімейства мікропроцесорів від 16- до 64-розрядних.

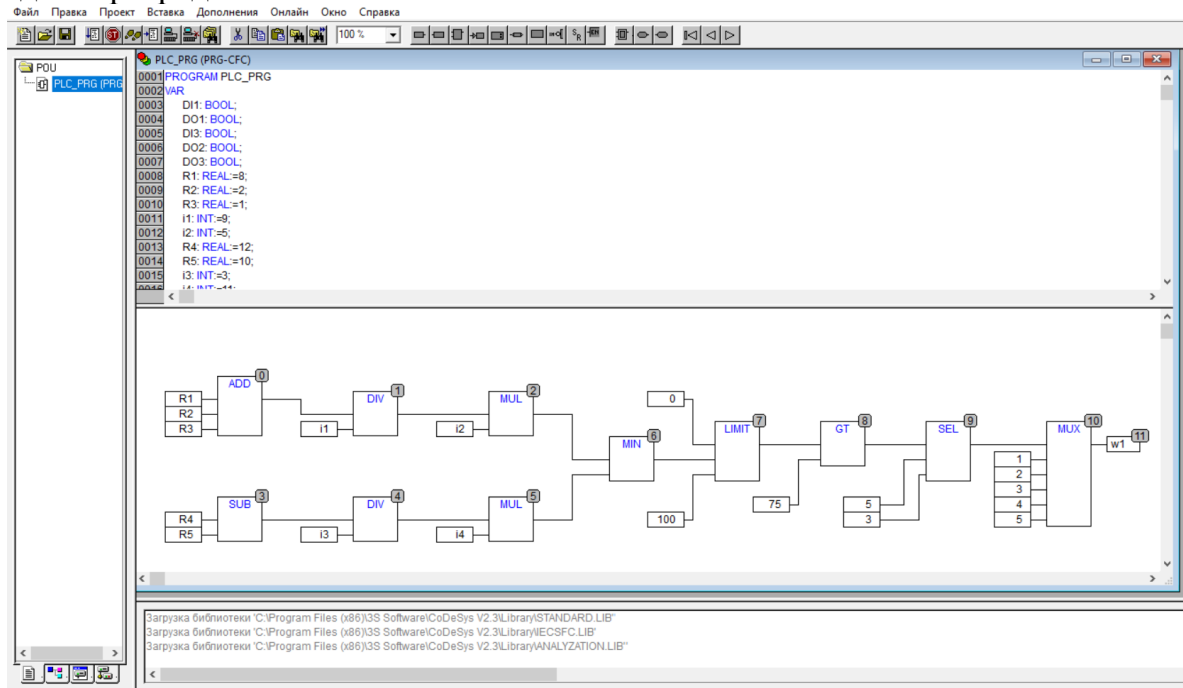


Рис. 1. Редагування FBD-діаграми в CoDeSys

Середовище програмування CoDeSys включає набір інструментів для підготовки та налагодження програм, компілятори, конфігуратори, редактори візуалізації тощо. За потреби функціональність системи доповнюється додатковими компонентами. Проєкт CoDeSys можна зберігати не тільки на диску ПК, але й у контролері, якщо він має достатній обсяг пам'яті, що дозволяє уникнути втрати вихідних текстів або плутанини в проєктах. Для налагодження користувачеві не потрібно відкривати спеціальні вікна налагодження або складати будь-які списки змінних. При підключенні до ПЛК редактори введення програм «оживають». Прямо в них відображаються значення всіх змінних, що видно на екрані. Причому у складних виразах видно всі проміжні результати.

У CoDeSys реалізовано підтримку об'єктно-орієнтованого програмування (ООП) у мовах стандарту IEC 61131. Введено низку нових ключових слів для визначення методів, властивостей та інтерфейсів, що дозволило еволюційно перетворити звичний функціональний блок на об'єкт. Користувач може на власний розсуд писати програми у звичний спосіб або використовувати об'єкти. Такий підхід не створює зайвих проблем для прикладних програмістів. Водночас молоді фахівці, які вивчили ООП у вишій школі та вже не уявляють собі серйозної роботи без цієї технології, зможуть реалізувати свій потенціал.

Середовище CoDeSys оснащено вбудованою системою візуалізації та операторського керування. Безпосередньо в CoDeSys можна створити графічний інтерфейс оператора або моделі об'єкта без використання зовнішніх інструментів. Для інтеграції з програмою достатньо вказати відповідні змінні у властивостях елементів. Не потрібно створювати символічні файли, налаштовувати зв'язок або виконувати інші рутинні операції. Якщо працює CoDeSys, то працюють і засоби візуалізації. Серед останніх нововведень у візуалізації CoDeSys виділяється пакет бібліотек елементів візуалізації для різних сфер застосування з сучасним графічним представленням.

Отже, простота та зручність саме для кінцевого користувача – це основна ідея CoDeSys. Компанія 3S-Smart Software Solutions з німецькою цілеспрямованістю дотримується її вже багато років. Склад компонентів CoDeSys вже вимірюється сотнями і продовжує зростати. Однак кожен новий компонент покликаний спростити вирішення нового кола прикладних завдань. Своїм безперервним розвитком і величезною популярністю CoDeSys завдячує виключно кінцевим користувачам.

ТЕХНОЛОГІЇ ВОДНЮ З ВУГЛЕВОДНЕВИХ ГАЗІВ

Герасименко В.М., асп. кафедри ХІЕ, Зубцов Є.І., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Водень дедалі частіше розглядається як ключовий енергоносіє майбутньої низько вуглецевої енергетики, особливо в контексті декарбонізації економіки та зменшення залежності від викопного палива. Його застосування охоплює енергетику, транспорт, металургію та хімічну промисловість. На даний час більшість водню у світі виробляється з викопної сировини, насамперед вуглеводневих газів, передусім природного газу (метану). Це обумовлено доступністю ресурсів, розвиненою інфраструктурою та відносно низькою вартістю виробництва. Існує кілька основних технологій його отримання, кожна з яких має свої переваги, недоліки та екологічні наслідки.

Найбільш поширені методи виробництва водню з вуглеводневих газів включають парову конверсію метану, автотермічний реформінг, часткове окиснення та піроліз метану.

Парова конверсія метану (SMR – Steam Methane Reforming) є домінуючою технологією у світі та найпоширенішим методом виробництва водню у світі. Метод характеризується високим коефіцієнтом корисної дії та відносно низькою собівартістю, однак супроводжується значними викидами CO₂. Базується на реакції метану з водяною парою при високих температурах (700–1000°C) з утворенням синтез-газу (CO + H₂), який далі піддається конверсії з утворенням додаткового водню.

Метан реагує з водяною парою при високій температурі (700–1000°C) у присутності каталізатора: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$;

потім відбувається реакція водяного газу: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$.

Переваги: висока ефективність (до ~75%); низька вартість; добре відпрацьована технологія. Недоліки: залежність від викопного палива; значні викиди CO₂; високі енерговитрати.

Автотермічний реформінг (ATR) поєднує парову конверсію з частковим окисненням, що дозволяє ефективніше контролювати тепловий баланс процесу. ATR краще підходить для інтеграції з технологіями уловлювання та зберігання вуглецю (CCS), що робить його перспективним для виробництва так званого «блакитного водню». Вважається перспективним для великих промислових установок, особливо в поєднанні з технологіями уловлювання CO₂. Однак потребує складнішого обладнання та додаткових витрат на виробництво кисню. Комбінує SMR і POX. Частина метану окиснюється, генеруючи тепло для парової конверсії. Переваги: вища ефективність у великих промислових установках; кращий контроль процесу та температури; легше інтегрується з технологіями уловлювання CO₂. Недоліки: вища вартість обладнання; складніша технологія; потреба в чистому кисні.

Часткове окиснення (POX – Partial Oxidation) передбачає реакцію вуглеводнів з обмеженою кількістю кисню. Цей метод швидший і може використовувати важчі вуглеводні, але є менш ефективним і потребує додаткових витрат на виробництво кисню. Характеризується швидкістю реакції та компактністю установок. Метан або інші вуглеводні окиснюються киснем при високій температурі: $\text{CH}_4 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2$. Переваги: не потребує зовнішнього нагріву; швидший процес; компактні установки; підходить для важчих

вуглеводнів (нафта, мазут). Недоліки: потреба в чистому кисні (додаткові витрати); менша ефективність.

Піроліз метану (Methane Pyrolysis) є відносно новою технологією, що передбачає термічний розклад метану без доступу кисню з утворенням водню і твердого вуглецю. Цей процес потенційно дозволяє уникнути викидів CO₂, однак перебуває на стадії комерційного становлення і потребує вирішення питань масштабування та використання побічного продукту. Метан розкладається без кисню: $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2$.

Переваги: потенційно "чистий" водень для "блакитного" або навіть "бірюзового" водню; відсутність CO₂ (утворюється твердий вуглець); побічний продукт – твердий вуглець (може бути товарним). Недоліки: потреба у високих температурах або плазмі; технологія ще розвивається; питання утилізації твердого вуглецю; енергоспоживання залежить від джерела енергії.

Газифікація вуглеводнів застосовується до важчих вуглеводневих ресурсів (нафта, вугілля) і передбачає їх перетворення у синтез-газ шляхом взаємодії з парою та киснем. Цей метод дозволяє використовувати широкий спектр сировини, але характеризується високими викидами CO₂ та складністю реалізації: $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$. Переваги: можливість використання різної сировини. Недоліки: Менша екологічність; Дуже високі викиди CO₂.

Екологічний аспект. Виробництво водню з вуглеводневих газів супроводжується викидами парникових газів. Для зменшення викидів застосовують технології уловлювання та зберігання вуглецю (CCS). У поєднанні з ними водень, отриманий із природного газу, називають "блакитним". Без CCS – це "сірий" водень, який має значний вуглецевий слід. Залежно від технології та рівня очищення водень із вуглеводневих газів класифікується як: «Сірий водень» – без уловлювання CO₂; «Блакитний водень» – з технологіями уловлювання та зберігання CO₂ (CCS); «Бірюзовий водень» (туркуазовий водень) – отриманий шляхом піролізу. Зменшення викидів можливе шляхом: впровадження CCS, яке є ключовим напрямом зниження вуглецевого сліду традиційних технологій; підвищення ефективності процесів; переходу до відновлюваних джерел (зелений водень).

Економічна ефективність технологій залежить від вартості сировини, масштабу виробництва та рівня впровадження екологічних рішень. Паровий риформінг залишається найдешевшим методом у короткостроковій перспективі, тоді як нові технології мають потенціал зниження вартості в майбутньому. Відповідно інвестиції у "чисті" технології зростають через кліматичну політику ЄС та глобальні тренди.

Ключовими викликами економічних аспектів є: висока вартість CCS, конкуренція з електролізом, інфраструктурні обмеження, соціально-екологічний тиск, вуглецеве регулювання в ЄС. Для України ця сфера має значний потенціал: наявність газотранспортної інфраструктури; можливість інтеграції з ЄС у водневу економіку; розвиток "зеленого" та "блакитного" водню; можливості інтеграції з відновлюваними джерелами енергії. Розвиток технологій виробництва водню може стати важливим елементом енергетичної безпеки та післявоєнного відновлення економіки. Для України це особливо актуально з огляду на значні запаси газу та перспективи інтеграції у європейський водневий ринок.

Технології отримання водню з вуглеводневих газів залишаються основою сучасної водневої енергетики та виробництва. Водночас їх екологічний вплив стимулює розвиток більш чистих альтернатив. Відповідно їх модернізація та інтеграція з технологіями уловлювання вуглецю відкривають перспективи переходу до більш сталих енергетичних систем. У довгостроковій перспективі очікується поєднанням традиційних і інноваційних підходів із поступовим переходом до сталих рішень та поступовий перехід до низьковуглецевих і безвуглецевих методів виробництва водню.

БАГАТОВИМІРНА НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ

Салінко Н. М., група АТП-22д, Щербань О. А., аспірант кафедри КІСУ,

Карпюк Л. В., ст.викладач

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Тривимірна нарисна геометрія, яка заснована на методі ортогонального проєкціювання, є базовою дисципліною, необхідною для складання та читання технічних креслеників. Тому вона включена в програму технічних вузів. Вона добре знайома будь-якому інженеру, науково-технічному працівнику як базова дисципліна курсу інженерної графіки, що вивчається в будь-якому технічному вузі. Багатовимірна нарисна геометрія, за допомогою прийомів якої можна графічно вирішити будь-яку інженерну, наукову або економічну задачу, невідома більшості випускників технічних вузів.

Вперше завдання зображення об'єктів багатовимірного простору ставиться на початку ХХ століття. Надалі, у зв'язку з розвитком науки і техніки, стає актуальним питання про зображення на кресленику об'єктів, що мають число вимірів більше трьох. Подальший розвиток науки і техніки сприяє розширенню області використання методів нарисної геометрії.

Для вирішення широкого кола практичних завдань у різних галузях науки і техніки необхідно активізувати наукову діяльність, наповнити і популяризувати методи багатовимірної нарисної геометрії, роз'яснити спадкоємність методів тривимірної і багатовимірної нарисної геометрії.

Вивчення способів зображення об'єктів на площині та способів розв'язання задач геометричного характеру за заданими зображеннями сприяє розвитку просторового та логічного мислення. Однак вирішення практичних інженерних, наукових та економічних задач обмежене кількістю змінних (x, y, z) і не дозволяє застосовувати цей метод для графічного вирішення багатопараметричних задач.

У даній роботі для спрощення сприйняття багатовимірних об'єктів показана аналогія прийомів зображення для тривимірного і чотиривимірного простору. При підвищенні розмірності об'єкта додається його векторна проєкція, яка буде паралельна одній з осей x, y, z .

Розглянемо такий приклад. У тривимірній нарисній геометрії для визначення натуральної величини (довжини) відрізка прямої можна скористатися способом допоміжного прямокутного трикутника, у якого один катет – фронтальна проєкція прямої $[A''B'']$, другий катет – різниця координат Δy точок A і B по осі y , що визначає віддаленість точок від площини проєкцій.

Цей спосіб заснований на просторовій уяві, де аналогічний прямокутний трикутник з простору переміщують та пристосовують до проєкції прямої $[A''B'']$ на плоскому кресленику (рис. 1).

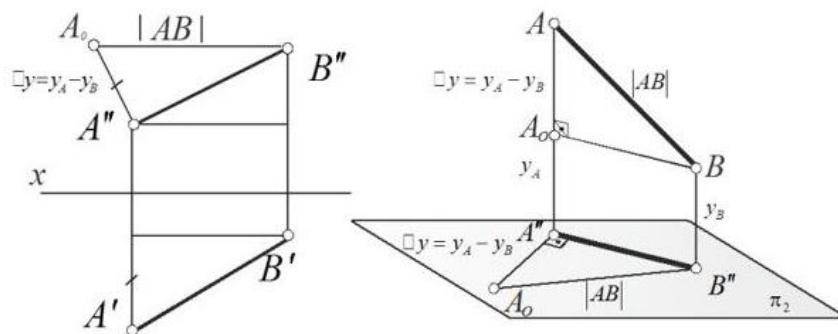


Рис. 1. Визначення довжини відрізка за його проєкціями

Як визначити натуральну величину відрізка прямої CD у чотиривимірному просторі?

1. Довжина L відрізка $[AB]$ прямої в тривимірному просторі аналітично визначається за формулою:

$$L_{|AB|} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2}, \quad (1)$$

де: $x_A, y_A, z_A, x_B, y_B, z_B$ – координати кінців відрізка, $\sqrt{(x_A - x_B)^2 + (z_A - z_B)^2}$ – фронтальна проєкція $[A''B'']$, $A_0A'' - \sqrt{(y_A - y_B)^2}$

2. Довжина L_1 відрізка $[CD]$ прямої у чотиривимірному просторі аналітично визначається за формулою:

$$L_{|CD|} = \sqrt{(x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2 + (z_C - z_D)^2 + (t_C - t_D)^2}, \quad (2)$$

де: $x_C, y_C, z_C, t_C, x_D, y_D, z_D, t_D$ – координати кінців відрізка.

Визначення відрізка прямої на ортогональному кресленнику полягає у виконанні геометричних побудов, необхідних для знаходження величини, яка визначається за формулою (2). Ці побудови аналогічні побудовам, показаним для тривимірного простору на рис. 1.

На ортогональному кресленнику (рис. 2) задано відрізок $[CD]$ прямої загального положення фронтальною, горизонтальною і горизонтальною векторною проєкціями. Якщо проєкцію C_1D_1 відрізка взяти за один катет прямокутного трикутника, а в якості другого катета відкласти довжину відрізка $D'_{12}1$, то гіпотенуза такого трикутника являє собою відрізок, довжина якого визначається за формулою:

$$|C_1D_0| = \sqrt{(x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2 + (z_C - z_D)^2}. \quad (3)$$

Якщо далі побудований відрізок $|C_1D_0|$ також прийняти за один з катетів прямокутного трикутника, в якому в якості другого катета (рис. 2) прийнятий відрізок довжиною, рівною величині $t_C - t_D$, то гіпотенуза такого трикутника і є довжиною L_1 заданого відрізка, яку потрібно визначити.

Таким чином, визначення довжини відрізка прямої загального положення у чотиривимірному просторі на ортогональному кресленнику геометрично визначилося послідовною побудовою двох прямокутних трикутників при горизонтальній проєкції заданого відрізка.

Висновок. Основою вирішення багатопараметричних задач є геометрична інтерпретація аналітичного виразу і подальше вирішення задачі прийомами нарисної геометрії. Підвищення розмірності простору вимагає моделювання цих геометричних об'єктів на ЕОМ.

Метод моделювання багатовимірного простору векторами тривимірного простору, які є паралельними одній з осей системи прямокутних координат, дозволяє

отримати зображення цих елементів на кресленнику.

Таке моделювання елементів багатовимірного простору дозволяє використовувати методи проєкціювання, які мають найбільше поширення в інженерній практиці і вивчаються у вищих навчальних закладах як методи ортогональних проєкцій.

При вирішенні задач багатовимірного простору на ортогональному кресленнику можуть бути використані прийоми і способи, що застосовуються в нарисній геометрії тривимірного простору.

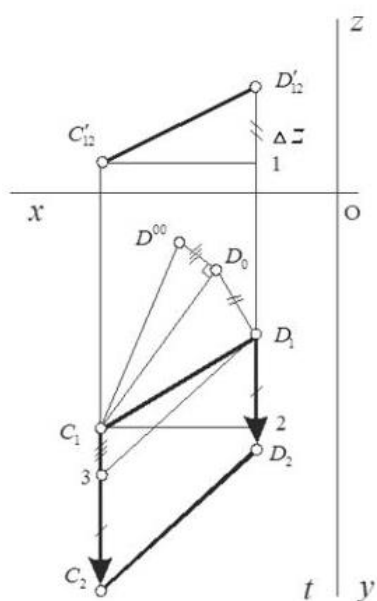


Рис. 2. Графічне визначення довжини відрізка в чотиривимірному просторі

THE IMPACT OF DUST FORMATION ON THE OCCURRENCE OF ACCIDENTS IN COAL MINES

Popovych V.A.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Predicting hazardous phenomena during coal seams mining remains an unresolved scientific and practical challenge for the global coal industry. The hazardous properties of the coal seams manifest themselves in the release of explosive gases, sudden outbursts of coal and gas, the formation of spontaneous combustion zones, increased dust generation and its explosive potential, as well as in a number of other processes that occur during mining operations. An analysis of the current regulatory and legal documentation governing the safety of mining operations in coal mines [1] indicates that all dangerous manifestations of coal seams are caused by three relatively independent sets of factors. The factors of the first block characterize the composition, chemical activity, and physical and mechanical properties of coal at various stages of metamorphic transformation. The second group of influencing factors includes the mining and geological conditions of the coal seam, such as their location, depth, thickness, properties of the containing rocks, and etc. The third section represents the actual operational scheme of a coal mining enterprise, which is based on data relating to the factors in the first and second sections.

The factors of the first block include the release of volatile matter during the thermal decomposition of coal in the absence of air (V^{daf}), coal moisture content (Wt), dust content in the residue (N) and specific dust yield (q). The dust-generating capacity of coal seams is, in fact, their only negative and hazardous characteristic that can be assessed during mining operations by applying factors that directly contribute to the occurrence of accidents.

There are currently more than 20 known quality indicators used to assess the degree of metamorphic transformation in coal. However, in the regulatory and legal documents governing the safe mining of coal seams, only one to three indicators are generally used to determine their hazardous properties. There is generally no close direct or inverse proportional relationship between individual parameters, a fact that was not properly taken into account when regulating documents were developed, particularly when assessing the dust-forming capacity of coal. Consequently, the assessment of the degree of metamorphism based on coal rank, volatile matter yield (V^{daf}) and moisture content (Wt) was erroneously equated with the dust-forming capacity of coal seams (N, q), leading to inconsistencies in the quantitative assessment of the influence of individual factors on dust formation processes. At the same time, the determination of the relationship between specific dust emission was based on grouping coal seams according to their V^{daf} values in accordance with the grade classification. This approach is incorrect for the following reasons:

- a grade is a classification of coal types that are similar in terms of their genetic characteristics, as well as their energy and technical properties;
- the V^{daf} value does not determine the coal grade. According to the standard, this parameter is used to establish the grade composition only within a limited range — from 8% to 40%. For anthracite, it is replaced by the volumetric yield of volatile matter (V_v^{daf}), and for distinguishing between hard coal and lignite — by the maximum moisture capacity (W_{max}).

No significant correlations were found between the indicators under consideration, either for low-angle seams ($\alpha < 35^\circ$) or for high-angle seams ($\alpha > 35^\circ$). The correlation coefficients (r) for the relationships between N and q and the thickness of the seams do not exceed 0.2 in any case. The absence of any real correlations makes it impossible to determine differences in the influence and thickness of seams on dust-generating capacity during the mining of both low-angle and high-angle seams. Similarly, to indicators of metamorphic transformation, the dust content in the extracted coal (N) and the specific dust yield (q), can be included, as these reflect other properties

of the coal compared to V^{daf} and W_{max} .

No significant correlations were found between the dust content in the extracted coal (N), the specific dust generation (q) and the yield of volatile matter for either low-angle or high-angle seams. For low-angle seams, the correlation coefficients ranged from $r = -0,341 \dots -0,345$ whereas for high-angle seams they were close to zero ($r = -0,010 \dots 0,040$). It follows from the data presented that maximum moisture capacity, like the yield of volatile matter (V^{daf}), are independent indicators that characterise specific aspects of the degree of coal metamorphism. The low negative values of the correlation coefficients ($-0,341 \div -0,345$) indicate a slight downward trend in dust formation (N and q) as V^{daf} increases across its entire range of values (effectively from 0 to 54%). This indicates that V^{daf} provides virtually no indication of the dust-generating capacity of coal seams of either type of occurrence. An analysis of statistical models for the V^{daf} parameter also showed no significant differences in dust-generating capacity (N and q) between low-angle and high-angle coal seams, which is confirmed by relatively high correlation coefficients (r) of 0.819 and 0.863 respectively. Taking this into account, when predicting the hazardous properties of coal seams, it is unacceptable to use interchangeable classification indicators, even where high correlation between them exists.

Also, a significant difference in average moisture content was found between low-angle (6.3%) and high-angle (3.1%) coal seams, which affects dust generation. The higher V^{daf} value for low-angle seams (27,2% versus 23,3%) is explained by the relationship between W_t and V^{daf} . The simultaneous use of W_t and W_{max} may result in an error of $\leq 10\%$, despite the individual accuracy being $\leq 1.5\%$.

The obtained results indicate the following: during the development of the regulatory document [1] for assessing the dust-generating capacity of coal seams, four indicators of metamorphic transformation (N, q, V^{daf} and W_t), were used, which correlate with one another to varying degrees. The dust-forming capacity (N and q) is associated with the physical and mechanical properties of coal, and should therefore be considered in conjunction with the relevant indicators. During the formation of the catalogue of coal seams based on the dust factor, in addition to the indicators of the degree of metamorphism (N, q, V^{daf} and W_t), the mining-geological factors of the second group the dip angle (α) and seam thickness (m) — were additionally taken into account. However, these parameters alone are not sufficient to determine the dust-generating capacity of coal seams. The identified contradictions in the actual differences in dust-forming capacity parameters (N and q) for coal seams with low-angle and high-angle inclination cannot be explained by the values of the factors α , m, V^{daf} and W_t . To resolve the inconsistencies identified in the assessment of the dust-forming capacity of coal seams, it is advisable to take into account, alongside the W_t index, the mechanical properties of the coal and the specific characteristics of its fragmentation mechanisms.

Conclusions. Based on the existing practice of predicting the hazardous properties of coal seams, as defined in regulatory documents [1], the degree of metamorphic transformation of coal is assessed using one or two indicators, without any scientific justification for their relevance to the nature of the hazardous phenomenon. The reason for this justification is that the vast majority of classification criteria (more than 20) have been developed and are determined using methods designed to assess the consumer properties of coal. Their use without sufficient justification and without adjusting for moisture content and mineral impurities may, in individual cases, lead to inconsistent results.

Reference

1. Руднєв Є.С., Гальченко В.А., Філатьєва Е.М., Антощенко М.І. Про методику вибору показників для прогнозування небезпечних властивостей вугільних шахтопластів. Технічна інженерія Державний університет «Житомирська політехніка». 2021. № 2 (88). С. 148-167 [https://doi.org/10.26642/ten-2021-2\(88\)-148-167](https://doi.org/10.26642/ten-2021-2(88)-148-167)

ПРІОРИТЕЗАЦІЯ РИЗИКІВ – ЗАСІБ ОЦІНКИ ВАРТОСТІ ТА ВАЖЛИВОСТІ АКТИВІВ

Шаповалов Б.Д. магістр, Коробейнікова Т.І. к.т.н., доцент
Національний університет «Львівська політехніка»

Метою роботи є дослідження теоретичних засад пріоритезації ризиків як ключового інструменту оцінки активів підприємства для забезпечення ефективного розподілу обмежених ресурсів.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: проаналізувати сутність процесу пріоритезації ризиків у системі управління активами; визначити ключові фактори, що впливають на встановлення пріоритетності (вартість, серйозність, керованість тощо); дослідити взаємозв'язок між ставленням організації до ризику та стратегією його пом'якшення.

Методика проведення дослідження ґрунтується на системному аналізі факторів ризику та застосуванні методів кількісної оцінки, зокрема аналізу чутливості. У роботі використано структурно-логічне моделювання для візуалізації взаємодії чинників пріоритезації, що дозволяє класифікувати ризики на керовані сегменти за визначеними критеріями.

Значимість отриманих результатів полягає у розробці структурованого підходу до управління ризиками, який дозволяє уникнути дублювання роботи та запобігти ігноруванню критичних загроз. Використання запропонованих факторів пріоритезації забезпечує цілісність плану виявлення ризиків та підвищує ефективність комунікації між різними рівнями зацікавлених сторін в організації.

Розглянемо оцінку активів на основі пріоритезації ризиків.

Пріоритезації ризиків – це процес, який використовується фахівцями для аналізу ризиків і визначення порядку їх пом'якшення. Це процес визначення ризиків, які є найбільш пріоритетними для бізнесу та потребують усунення в першу чергу.

Ресурси, доступні менеджерам з управління ризиками, обмежені, а пріоритезація ризиків дозволяє організаціям розбити ризики на керовані частини, відсортовані за певними критеріями, яким бізнес вирішує керуватися. Існує багато різних методів, які ви можете використовувати для сортування ризиків за різними сегментами. Важливо використовувати цілісний план для виявлення, оцінки та пріоритезації ризиків. В іншому випадку можуть виникнути збої в комунікації в організації, що призведе до дублювання роботи через розрізненість між відділами. І, що найважливіше, структурований підхід може допомогти запобігти тому, щоб серйозні ризики залишилися непоміченими.

Пріоритезація ризиків є складним процесом, оскільки для успішного виконання він вимагає внеску багатьох рівнів зацікавлених сторін. Від ради директорів до керівництва та інших організаційних одиниць розстановка пріоритетів може відбуватися на кількох рівнях. В ідеалі пріоритезація встановлюється на основі документально підтвердженої толерантності до ризику. Цей напрямок високого рівня потім задає тон пріоритетам на нижчих рівнях. Це процес, а не проект, і компанії можуть мати зовнішні вимоги щодо того, як часто вони повинні переглядати кожен рівень ризику. Це не одноразовий процес, а процес, який постійно розвивається і повторюється. На визначення пріоритетів впливають численні фактори, включаючи ставлення до ризику, чутливість до ризику, доступність ресурсів, вартість, серйозність ризику та керованість ризиками, усі з яких визначено на рис.

Ставлення до ризику – це стан організації або окремої особи по відношенню до невизначеності ризику. Часто розрізняють три типи ставлення до ризику: не схильне до ризику, прагнення до ризику та нейтральне до ризику. Кожне з цих ставлень впливає на те, наскільки жорстким буде процес виправлення. Ставлення до ризику допомагає інформувати

організацію про те, які ризики повинні бути пріоритетними, виходячи зі схильності компанії до ризику.

Чутливість до ризику – це інструмент кількісної оцінки ризику, який допомагає визначити, як зміни в ризику впливають на загальний стан ризику, а отже, і на стратегію пом'якшення. Ви часто стикатиметеся з діаграмами торнадо під час аналізу чутливості.



Рисунок – Фактори визначення пріоритетизації ризиків

Доступність ресурсів залежить від кількості ресурсів, доступних команді для зниження ризиків. Це включає персонал, час, витрати та інші ресурси, необхідні для виконання виправлення.

Вартість – це фактор, який враховує грошову вартість ризику при визначенні пріоритетів. Виходячи з вартості певного ризику, ви можете вибрати пріоритет дорожчого ризику над ризиком із меншою грошовою вартістю. У деяких випадках компанії можуть перекласти ризик на страхування, коли витрати є непомірно високими.

Серйозність ризику – це рівень, до якого ризик може завдати шкоди організації. Використовуючи серйозність, можна створити матрицю ризиків, яка допоможе визначити, які ризики є найбільш серйозними, а які можуть завдати незначної шкоди компанії.

Керованість ризиком означає загальну керованість ризиком і те, чи могла компанія впоратися з виникненням ризику та його загальний вплив. Більш керований ризик матиме незначний вплив на бізнес, якщо він виникне, тоді як менш керований ризик потенційно може порушити бізнес-операції.

Література

1. Information Security Investments: How to Prioritize? : Proceedings of the 20th Brazilian Symposium on Information Systems. URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3658321.3658363> (дата звернення: 01.03.2026).
2. Costa I., Guarda T. Information System Security Risk Priority Number: A New Method for Evaluating and Prioritization Security Risk. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-7618-5_49 (дата звернення: 07.03.2026).
3. Cybersecurity Risk Management: Frameworks, Plans, and Best Practices : Hyperproof resource guide. URL: <https://hyperproof.io/resource/cybersecurity-risk-management-process> (дата звернення: 14.03.2026).
4. Шаповалов Б. Д. Управління ризиками: процес та стратегії реагування. *Матеріали конференції «Кибербезпека в сучасному світі: актуальні виклики»*. URL: <https://hdl.handle.net/11300/28986>.
5. Коробейнікова Т. І., Шаповалов Б. Д. Управління кіберризиками підприємства: класифікація та технологічні аспекти. *Збірник тез доповідей МНПК (Рівне)*. URL: <https://www.economics.in.ua/2025/03/29-2.html>.

**STUDY OF THE PROCESS OF PURIFICATION OF WATER RESOURCES USING
AEROSOL NANOCATALYSIS TECHNOLOGY**

Kucher V. stud. gr. XTI-25ДМ, Glikina I.M. prof., doctor of tech.sc.,

Zubtsov Ye.I. doc., assist. of prof.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Introduction. Water resources of Ukraine are known as surface, underground and marine. Military operations have a strong impact not only on humanity, but also on the environment. Therefore, even nature tries to survive. One of such pollutions is the country's water resources. The country's well-known resources are rivers, lakes, seas, reservoirs, etc. Water resources are one of the main components for the life of mankind. Natural well water contains minerals such as potassium, calcium, magnesium, sodium, and also contains chlorides. All these minerals have a beneficial effect on the life and development of a person and his health. Well water has a beneficial effect on all body systems regarding their proper functioning. Water resources in the country are used mostly in agriculture (Fig.) [1].

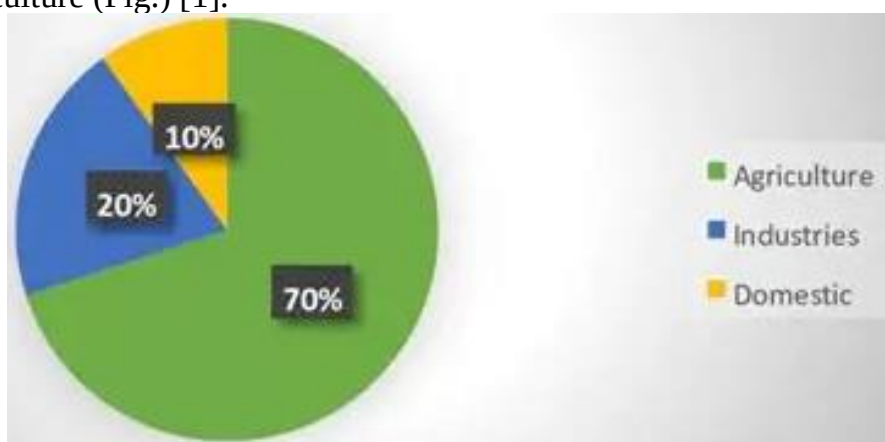


Fig. Use of water resources in the world, %

Military operations have led to the pollution of the country's water resources. The pollution of these resources is marked by oils, metal fragments from warheads and siltation. Pollution of water resources has an impact on the climatic and territorial conditions.

However, the country's water resources are one of the most important. Currently, constant pollution of water resources is causing a catastrophic situation in the country. Therefore, researchers are constantly working towards the purification of water resources and directly the water that we use.

When drinking water is slightly contaminated, it is often filtered in carbon filters. This method was effective for some time, but water pollution worsened. Then researchers are considering improving water purification methods. In industry, a biotechnological method of purifying water areas has turned out to be more promising. A mechanical method of purifying water bodies allows you to remove algae and any harmful vegetation. Existing methods of biochemical wastewater treatment have a complex technological scheme. Mechanical purification devices are also of complex design. Algae and sludge that pollute water resources are collected mechanically, and after processing it turns out to be a good fertilizer for agricultural land.

Existing methods of water purification include such processes as settling, centrifugation, filtration. Known technological schemes are reagent-free and reagent variants. They are more common in economic and industrial activities.

Membrane technologies are also used to purify water resources. New technologies include biotechnology. Scientists are constantly working on this area and are looking for new solutions regarding safety and environmental friendliness. Various bioreactors are being created for the

purification of wastewater and water resources. Hybrid technologies such as the combined action of membrane and photocatalytic technologies are being created.

Technologies for wastewater and water treatment have advantages and disadvantages. A common disadvantage is the high cost of the technologies. More researched methods are methods based on renewable energy sources.

Modern technologies also include the use of biosensors and other nanomaterials. The use of nanomaterials is based on their properties for filtering porous surfaces [2].

Results of the study.

A promising nanotechnology is the technology of aerosol nanocatalysis. The use of this technology helps in the neutralization of industrial and domestic waste. There is a possibility of using it in the purification of water resources. For this, it is possible to use the basic properties of the adsorption process of catalyst nanoparticles. The process can take place in a fluidized bed. This reactor and catalytic system can work as an adsorber. Catalyst nanoparticles can be used as an adsorbent. They are collected in a cyclone and filter. Then they enter the desorber and return to the reactor. There is an opportunity to find a mode of selective purification and recycling of the catalyst. The technological scheme is not very large, but like others, it is financially expensive.

Discussion.

When studying this area of research, it was noted that there is a fairly large selection of purification technologies. This area is constantly being researched, new technological schemes are constantly being found using the latest technologies. The work considered the possibility of using aerosol nanocatalysis technology for purifying water bodies. This option is an assumption, but requires detailed research. The process of adsorption of gas emissions from thermal power plants has already been studied using aerosol nanocatalysis technology. The process of deep oxidation of activated sludge using aerosol nanocatalysis technology has been studied. The technology has proven itself well in waste disposal. Therefore, there is a need to study the process of adsorption in aerosol catalyst for the process of purifying water resources.

Reference:

1. Vodni resursy, © Derzhavna naukova ustanova «Entsiklopedichne vydavnytstvo» za uchasti Institutu programnykh sistem NAN Ukrainy, 2015-2025, https://vue.gov.ua/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%96_%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81%D0%B8

2. Kuntiy O.I., Bukliv R.L., Boyko Yu.V., Hreben' T.V., Lysenko A.V. Nanomaterialy ta nanotekhnolohii v ochyschenni vody. Ohlyad. // Academic Journals and Conference. 2018. P.27-3

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ ПІДХІД ДО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ГРАНУЛЮВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Гусєв А.С., Целіщев О.Б., д.т.н., проф.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасному виробництві мінеральних добрив процес гранулювання є одним із ключових етапів, від якого залежить якість готового продукту, його фракційний склад, міцність гранул, вологість, сипкість та стабільність під час зберігання і транспортування. Гранулятор як технологічний об'єкт характеризується складною динамікою, інерційністю, наявністю значної кількості взаємопов'язаних параметрів та впливом зовнішніх збурень. До таких збурень можна віднести зміну витрати сировини, коливання вологості вихідного матеріалу, нестабільність температури теплоносія, зміну швидкості обертання апарата та нерівномірність подачі рідкої фази або зв'язувального компонента.

Майбутнє дисертаційне дослідження передбачає розробку та дослідження системи автоматизації процесів управління гранулятором у виробництві добрив. Актуальність цієї теми зумовлена необхідністю підвищення стабільності технологічного процесу, зменшення кількості некондиційної продукції, зниження енергетичних витрат і забезпечення сталих показників якості гранул. У традиційних системах керування значна частина рішень часто залежить від досвіду оператора, що може призводити до нестабільності режиму роботи обладнання. Тому доцільним є використання комп'ютерно-інтегрованої системи керування, яка забезпечує автоматичний контроль основних параметрів, оперативне реагування на збурення та візуалізацію стану технологічного процесу.

Гранулятор у виробництві добрив можна розглядати як багатопараметричний об'єкт керування, у якому основними регульованими величинами є вологість гранул, температура продукту, витрата сировини, витрата теплоносія, швидкість обертання барабана або робочого органу, а також фракційний склад готової продукції. Особливу увагу доцільно приділити регулюванню вологості гранул, оскільки саме цей параметр істотно впливає на міцність, здатність до злипання, пилення та подальшу якість добрив. Надмірна вологість може спричинити утворення грудок і погіршення сипкості, а недостатня — зниження міцності гранул і збільшення частки пилоподібної фракції.

У межах запропонованого підходу система керування гранулятором повинна включати датчики температури, вологості, витрати сировини, тиску та швидкості обертання, програмований логічний контролер, виконавчі механізми для зміни подачі матеріалу, теплоносія або зв'язувального компонента, а також SCADA-систему для контролю, архівування та аналізу технологічних параметрів. Така структура дозволяє реалізувати замкнений контур автоматичного регулювання, у якому інформація від датчиків надходить до контролера, порівнюється із заданими значеннями, після чого формується керувальна дія на виконавчі механізми.

Для дослідження динамічних властивостей об'єкта доцільно побудувати математичну модель процесу гранулювання, яка враховує зміну вологості, температури та витрати матеріалу в часі. На основі цієї моделі можна виконати імітаційне моделювання перехідних процесів, оцінити вплив збурень і визначити якість роботи системи автоматичного регулювання. Основними показниками якості керування можуть бути час регулювання, перерегулювання, статична похибка, стійкість системи та здатність компенсувати зміну вхідних параметрів.

На рисунку наведено зміну вологості гранул у часі відносно заданого значення. Такий графік дозволяє оцінити, наскільки швидко система виходить на необхідний режим, чи виникає перерегулювання, а також як система реагує на збурення, наприклад на зміну вологості вихідної сировини або витрати теплоносія.

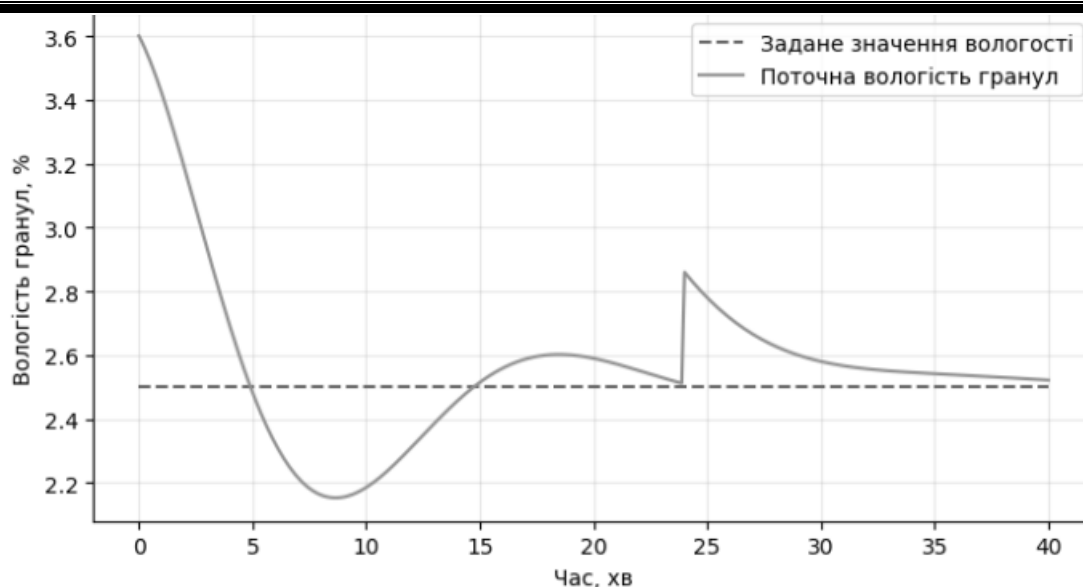


Рисунок — Динаміка регулювання вологості гранул у грануляторі

Очікуваним результатом дослідження є розробка структури автоматизованої системи керування гранулятором, визначення основних інформаційних потоків, формування математичної моделі об'єкта, вибір алгоритму регулювання та аналіз ефективності запропонованої системи. Практичне значення роботи полягає в можливості використання отриманих результатів для підвищення стабільності виробництва добрив, покращення якості гранул, зменшення втрат сировини та оптимізації роботи технологічного обладнання.

Таким чином, автоматизація процесів управління гранулятором у виробництві добрив є актуальним напрямом науково-технічних досліджень, що поєднує завдання технологічного аналізу, математичного моделювання, автоматичного регулювання та комп'ютерної візуалізації. Використання комп'ютерно-інтегрованої системи керування дозволяє забезпечити більш стабільний режим роботи гранулятора, своєчасне реагування на збурення та підвищення якості готової продукції.

ІНТЕГРАЦІЯ МУЛЬТИАГЕНТНИХ ПІДХОДІВ ТА ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ У СИСТЕМАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ

Еленський А.О.

Національний університет «Одеська політехніка»

Вступ. Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням обсягів даних і ускладненням задач їх інтерпретації, що особливо проявляється у системах розпізнавання об'єктів. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення інтелектуальних систем, здатних ефективно функціонувати в умовах високої невизначеності, динамічності середовища та багатовимірності вхідних даних. Традиційні підходи до розпізнавання, що базуються на статичних моделях, втрачають ефективність у випадках коли інформація надходить із різнорідних джерел. У цьому контексті інтеграція мультиагентних систем із методами глибинного навчання відкриває нові перспективи для підвищення точності та адаптивності процесів аналізу та ідентифікації об'єктів [1].

Основна частина. Мультиагентні системи забезпечують розподілену обробку інформації, де кожен агент виконує окрему функцію, пов'язану з аналізом даних або прийняттям рішень. Такий підхід дозволяє декомпонувати складні задачі розпізнавання на підзадачі, що обробляються паралельно, підвищуючи ефективність і масштабованість системи. Водночас використання глибинних нейронних мереж забезпечує здатність до автоматичного виділення складних ієрархічних ознак із неструктурованих даних, таких як зображення, аудіосигнали або текстові потоки. Ключовим елементом інтеграції є формування спільного простору представлення даних, у якому результати роботи окремих агентів можуть бути узгоджені та агреговані. Для цього застосовуються методи латентного представлення, зокрема автоенкодерів та варіаційні моделі, що дозволяють звести різнорідні дані до уніфікованого вигляду [2]. Це створює передумови для ефективної взаємодії агентів і підвищує якість прийняття рішень. Особливу роль відіграє механізм координації між агентами, який визначає стратегії обміну інформацією та узгодження результатів. У цьому контексті використовуються підходи колективного навчання, включаючи федеративне навчання та методи консенсусу, що дозволяють агентам спільно формувати узагальнені моделі без централізованого зберігання даних. Такий підхід є особливо важливим у задачах, де існують обмеження на передачу або зберігання інформації. Додатковим аспектом є адаптивність системи до змін умов функціонування [3]. Це досягається шляхом впровадження механізмів безперервного навчання, які дозволяють оновлювати моделі на основі нових даних без втрати раніше отриманих знань. Використання підкріплювального навчання забезпечує можливість оптимізації стратегій поведінки агентів у процесі їх взаємодії з середовищем. Важливою складовою є також забезпечення інтерпретованості результатів розпізнавання.

Висновки. У роботі розглянуто підходи до інтеграції мультиагентних систем і методів глибинного навчання у задачах інтелектуального розпізнавання об'єктів. Запропонована концепція дозволяє підвищити ефективність обробки даних, забезпечити адаптивність системи та покращити якість прийняття рішень. Результати дослідження можуть бути використані при створенні сучасних інтелектуальних систем у різних прикладних галузях, зокрема в системах моніторингу, безпеки та підтримки прийняття рішень..

Література

1. Wooldridge, M. (2009). An Introduction to MultiAgent Systems. Wiley.
2. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
3. Piechocki, R. J., Wang, X., & Bocus, M. J. (2023). Multimodal sensor fusion in the latent representation space. Scientific Reports, 13, Article 2005.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТУ

Солодовнік В.В., Лорія М.Г., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Київ, Україна

У сучасному виробництві цементу процес сушіння сировинних матеріалів є одним із важливих етапів технологічного циклу, оскільки від стабільності вологості матеріалу значною мірою залежить якість подальшого подрібнення, випалу та отримання готового цементного продукту. Надмірна вологість сировини призводить до підвищення енерговитрат, зниження продуктивності обладнання, погіршення роботи млинів, нестабільності теплового режиму та збільшення навантаження на технологічну лінію. Саме тому автоматизація процесу сушіння є актуальним завданням для цементної промисловості.

Особливістю процесу сушіння у виробництві цементу є його складність як об'єкта керування. На якість сушіння одночасно впливають витрата вологого матеріалу, початкова вологість сировини, температура теплоносія, витрата гарячих газів, швидкість руху матеріалу, розрідження в сушильному агрегаті та режим роботи вентиляційної системи. Ці параметри взаємопов'язані між собою, мають інерційний характер і можуть змінюватися під дією зовнішніх збурень. Тому використання лише ручного керування або простих локальних регуляторів не завжди дозволяє забезпечити стабільний технологічний режим.

Метою роботи є розробка та дослідження складної комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації процесу сушіння сировинних матеріалів на прикладі виробництва цементу, яка забезпечує контроль основних технологічних параметрів, автоматичне регулювання температурного режиму, стабілізацію вологості матеріалу на виході та підвищення енергоефективності виробництва.

Об'єктом автоматизації може бути сушильний барабан або сушильно-подрібнювальний агрегат, у якому вологий матеріал контактує з потоком гарячих газів. У процесі сушіння відбувається передача теплоти від теплоносія до матеріалу та випаровування вологи. Основними регульованими параметрами є температура газів на вході й виході з сушильного агрегату, кінцева вологість матеріалу, витрата теплоносія, витрата сировини та розрідження в системі. До основних збурень належать зміна вологості вхідної сировини, нерівномірність її подачі, коливання температури гарячих газів і зміна гранулометричного складу матеріалу.

Запропонована комп'ютерно-інтегрована система автоматизації передбачає використання програмованого логічного контролера, датчиків температури, вологості, тиску, витрати газів, частотних перетворювачів, виконавчих механізмів подачі матеріалу та системи SCADA для візуалізації технологічного процесу. Центральним елементом системи є PLC-контролер, який отримує сигнали від датчиків, обробляє інформацію відповідно до заданого алгоритму та формує керуючі дії на виконавчі механізми. Оператор через SCADA-систему може контролювати поточні параметри процесу, змінювати уставки, переглядати аварійні повідомлення та аналізувати архівні дані.

Для підвищення якості керування доцільно використовувати не лише стабілізацію окремих параметрів, а й узгоджене керування декількома взаємопов'язаними контурами. Наприклад, температура газів на виході із сушильного агрегату може використовуватися як непрямий показник інтенсивності сушіння, а вологість матеріалу на виході — як основний критерій якості процесу. У разі збільшення вологості сировини система повинна автоматично підвищувати теплове навантаження або зменшувати подачу матеріалу, щоб забезпечити задану кінцеву вологість. Якщо температура газів перевищує допустимі межі, контролер повинен обмежувати подачу теплоносія для запобігання перегріву матеріалу та зниження енергетичних втрат.



Рисунок — Структурна схема комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації процесу сушіння у виробництві цементу.

Дослідження такої системи може включати побудову математичної моделі процесу сушіння, аналіз динамічних властивостей об'єкта, визначення основних каналів керування та збурення, а також налаштування регуляторів. Процес сушіння доцільно розглядати як інерційний об'єкт із запізненням, у якому зміна витрати гарячих газів або подачі матеріалу не одразу впливає на кінцеву вологість. Це необхідно враховувати під час вибору структури системи керування та параметрів регуляторів.

Впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації процесу сушіння дозволяє підвищити стабільність технологічного режиму, зменшити витрати теплової енергії, скоротити кількість відхилень вологості матеріалу від заданого значення та знизити вплив людського фактора. Крім того, використання SCADA-системи забезпечує зручний моніторинг процесу, архівування даних, своєчасне виявлення аварійних ситуацій та можливість подальшого аналізу ефективності роботи обладнання.

Таким чином, розробка та дослідження складної комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації сушіння у виробництві цементу є актуальним напрямом удосконалення технологічних процесів цементної промисловості. Запропонований підхід дозволяє забезпечити стабільну якість підготовки сировини, підвищити енергоефективність виробництва та створити основу для подальшої цифровізації цементного підприємства.

АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ ПРОФІЛЕМ СКЛЯНОЇ ПЕЧІ З ВИКОРИСТАННЯМ КАСКАДНИХ ПІ-РЕГУЛЯТОРІВ

Старий В.А., Сотнікова Т.Г., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Київ, Україна

Сучасне виробництво скла належить до енергоємних та технологічно складних процесів, у яких визначальне значення має точність підтримання температурного режиму скловарної печі. Саме температурний профіль у робочому просторі печі суттєво впливає на фізико-хімічні властивості скломаси, однорідність розплаву, інтенсивність тепломасообмінних процесів, а також на якісні показники готової продукції. Навіть незначні відхилення температури від заданих значень можуть призводити до порушення умов варіння, появи дефектів у вигляді бульбашок, твердих включень, неоднорідностей структури скла, а також до зростання питомих витрат енергоносіїв і зниження ефективності функціонування теплотехнологічного обладнання.

В умовах сучасної цифровізації промислового виробництва особливої актуальності набуває впровадження автоматизованих систем керування тепловими процесами, які забезпечують підвищення точності регулювання, зменшення впливу людського фактора та покращення техніко-економічних показників виробництва. Для скловарних печей, які характеризуються значною тепловою інерційністю, багатозв'язністю параметрів та наявністю суттєвих запізнень, доцільним є застосування каскадних систем автоматичного керування. Такий підхід дозволяє підвищити швидкодію системи регулювання, своєчасно компенсувати зовнішні збурення, зокрема зміни тиску палива, коливання параметрів повітряного дуття, зміну вологості сировини та варіації складу шихти, а також забезпечити стабільне ведення технологічного процесу.

Метою роботи є підвищення точності регулювання температурного режиму скловарної печі шляхом розробки та моделювання каскадної системи автоматичного керування, яка забезпечує стабілізацію температури у робочому просторі печі, підвищення якості скломаси та оптимізацію витрат енергоносіїв.

Об'єктом дослідження є технологічний процес варіння скла у ванній скловарній печі безперервної дії.

Предметом дослідження є методи та алгоритми каскадного автоматичного керування температурним режимом печі, а також динамічні характеристики взаємопов'язаних контурів регулювання витрати палива і температури в робочих зонах теплового агрегату.

Процес скловаріння характеризується високою енергоємністю, складною тепловою динамікою та значною чутливістю до коливань температурного режиму. Скловарна піч як об'єкт автоматизації належить до класу інерційних об'єктів із суттєвим транспортним запізненням, оскільки зміна витрати палива або режиму горіння не відразу відображається на температурі скломаси. Унаслідок цього традиційні одноконтурні системи регулювання не завжди забезпечують необхідну якість компенсації збурень, що може спричиняти нестабільність температурного поля, погіршення якості продукції та перевитрату енергоресурсів.

Ефективним шляхом підвищення якості керування є застосування каскадної структури системи автоматичного регулювання. У такій системі функції керування розподіляються між двома взаємопов'язаними контурами. Внутрішній, або допоміжний, контур забезпечує швидке регулювання проміжного параметра, наприклад витрати палива чи температури факела, і оперативно реагує на локальні збурення, пов'язані зі зміною тиску газу, витрати повітря або нестабільністю режиму горіння. Зовнішній, або головний, контур здійснює регулювання основного технологічного параметра — температури в робочому просторі печі — шляхом формування завдання для внутрішнього контуру. Така ієрархічна

структура дає змогу локалізувати вплив збурень на ранньому етапі та суттєво підвищити точність підтримання температурного режиму.

Особливу роль у реалізації каскадної системи відіграють пропорційно-інтегральні регулятори. Застосування ПІ-регуляторів у внутрішньому та зовнішньому контурах зумовлене їхньою здатністю забезпечувати прийнятну швидкодію та високу статичну точність регулювання. Пропорційна складова формує оперативну реакцію системи на відхилення параметра від уставки, а інтегральна забезпечує усунення сталої похибки регулювання. Це є особливо важливим для процесу скловаріння, де навіть незначні відхилення температури можуть призводити до зміни в'язкості скломаси, порушення умов гомогенізації розплаву та погіршення якості формування готового виробу.

Розробка автоматизованої системи керування температурним режимом скловарної печі передбачає поетапне виконання низки інженерних завдань. Насамперед доцільним є функціональне поділення печі на окремі технологічні зони, зокрема варильну зону, зону освітлення та зону охолодження, оскільки кожна з них характеризується власними динамічними властивостями та вимогами до режиму керування. Наступним етапом є синтез і налаштування внутрішнього контуру регулювання, який повинен мати вищу швидкодію порівняно із зовнішнім контуром. Після забезпечення стійкості та належної якості роботи внутрішнього контуру виконується налаштування зовнішнього регулятора з урахуванням теплової інерційності футеровки, дзеркала скломаси та особливостей передавання тепла в робочому просторі печі. Завершальним етапом є інтеграція регуляторів у комп'ютерно-інтегровану систему керування, яка дає змогу автоматично змінювати температурні уставки залежно від складу шихти, продуктивності печі та поточних умов ведення технологічного процесу.

Моделювання каскадної системи автоматичного керування дозволяє оцінити її динамічні характеристики, дослідити вплив збурень на якість регулювання та визначити раціональні параметри налаштування регуляторів. За результатами такого моделювання можна встановити, що каскадна структура забезпечує кращу якість керування порівняно з одноконтурною системою, зокрема за показниками часу перехідного процесу, величини перерегулювання, статичної похибки та здатності до компенсації зовнішніх збурень.

Отже, застосування каскадної системи автоматичного керування температурним режимом скловарної печі є доцільним і технічно обґрунтованим напрямом удосконалення процесу скловаріння. Використання двоконтурної структури з ПІ-регуляторами дає змогу підвищити точність і стійкість регулювання, забезпечити своєчасну компенсацію збурень та підтримувати оптимальний температурний профіль у робочому просторі печі. Це, у свою чергу, сприяє покращенню якості скломаси, зниженню енерговитрат, зменшенню кількості дефектної продукції та подовженню строку служби вогнетривкої кладки печі за рахунок зниження термічних перевантажень. Упровадження таких систем відповідає сучасним тенденціям цифрової трансформації промисловості та створює передумови для подальшого розвитку інтелектуальних систем керування у скляному виробництві.

Література

1. Мартиненко О. Г., Сидоренко В. М. Автоматизація теплових процесів у скляній промисловості. — Київ: Вища школа, 2020. — 215 с. [с. 84–92].
2. Zhang, L., & Miller, R. Cascade Control Systems in High-Temperature Furnaces. — *Journal of Process Control and Automation*, 2022, Vol. 24(2), pp. 110–123. [p. 115–118].
3. Siemens AG. SIMATIC S7-1500 PID Control — Function Manual. — Nürnberg: Siemens Industry, 2023. — 320 p. [p. 145–152].
4. Терещенко С. П. Дослідження динамічних характеристик ПІ-регуляторів у каскадних схемах. — *Вісник технічних наук*, 2022, № 2. — С. 45–51. [с. 47–49].

THE ROLE OF AUTOMATION IN IMPROVING PRODUCTION EFFICIENCY

Semenenko S. A., group ATP-22d, Bilaonov A. Ch., postgraduate student of the KISU department,

Davidenko N. O., senior teacher, Karpiuk L. V., senior teacher
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The more companies enter the era of collaborative manufacturing coordinated via the Internet, the more pressing the need becomes to create a network of smart devices and sensors for collecting and disseminating data generated during production management at the lower levels of subsystems.

The automation of technological processes has become one of the most rapidly developing fields in scientific research and engineering. Leading experts attribute this rapid growth to the rapid advancement of innovative technologies and software across various sectors of manufacturing and industry. Automation enables the use of cutting-edge technologies to optimize processes, significantly reduce the workload on human labor, minimize risks, and improve overall efficiency. Modern developments make it possible to integrate the latest control systems, creating the conditions for the automated execution of labor-intensive operations.

Manufacturing control systems equipped with next-generation software act as a kind of intermediary that distributes information processing operations. Various technological components of industrial automation systems will be integrated into next-generation manufacturing automation packages.

The main objectives of automating technological processes are:

- to increase efficiency and improve production processes;
- to ensure safety at all stages of production.

To achieve these goals, the following tasks must be addressed:

- improving the quality of production process control;
- increasing the availability of production equipment;
- improving workplace ergonomics, which contributes to better working conditions for employees.

These objectives are achieved through:

- the implementation of modern automation methods tailored to specific production conditions;
- the use of modern automation tools, such as intelligent control systems, sensor-based monitoring systems, and robotic manipulators.

The particular significance of automation lies in the fact that, within a single production process, it is possible to establish a control system not only for production operations themselves but also for the entire enterprise's operations. Implementing automation requires a high degree of consistency and clear coordination among all levels of the production process, which enables maximum efficiency to be achieved.

The automation of the production process is typically achieved through an automated process control system (APCS). An APCS is a comprehensive solution designed to automate key production operations, comprising a centralized control system with control panels, as well as tools for processing and storing information during production processes. Information exchange between various subsystems of the APCS is facilitated by industrial networks, which ensures the continuous and highly efficient operation of the system.

To successfully develop an automated production system, it is necessary to adhere to a number of key principles, including:

- the principle of completeness – performing all operations within the automated system;

- the principle of low-operation technology – reducing the number of intermediate operations to minimize time and resource consumption;
- the principle of minimal staffing – ensuring operation in automatic mode throughout the entire process;
- the principle of optimality – subordinating all production facilities and services to a single optimal solution aimed at achieving maximum efficiency.

The design of automated production process systems is based on strict requirements, including:

- an open system architecture that allows for easy modifications and scalability;
- ensuring interaction between different levels of the system for effective management;
- phased commissioning of the system, which facilitates its gradual and effective development.

The implementation of automation in manufacturing offers significant benefits, including:

- improved product quality;
- steady growth in labor productivity;
- increased overall operational efficiency;
- enhanced safety of production processes and improved working conditions.

Thus, the automation of technological processes plays a crucial role in modern manufacturing, ensuring its reliability, high productivity, and alignment with current demands.

The implementation of an automated system offers significant advantages for the production process, including increased profits due to a reduction in production defects, lower production costs, improved quality, and enhanced control systems at every stage. However, production automation also has its challenges, such as the increased complexity of production processes, the need to retrain staff, and a potential rise in unemployment due to job cuts.

One of the most serious challenges of automation is the phenomenon of «technological unemployment», where the introduction of new technologies and automated systems leads to job losses. This raises concerns and fosters a negative attitude toward automation. In addition, a shortage of qualified specialists also poses a challenge, as employees who worked with older software often lack the necessary knowledge and skills to work with new technologies. However, the benefits of implementing automated labor far outweigh the drawbacks, prompting many companies to actively adopt automated systems. It is important to note that an effective process control system is necessary to mitigate the potential drawbacks of automation.

Based on the above, it can be concluded that scientific progress opens up broad prospects for improving technologies, modernizing equipment, and optimizing production processes, which makes it possible to address a wide range of challenges related to production efficiency. Production automation makes it possible not only to accelerate production but also to significantly improve product quality, which, in turn, strengthens the company's competitiveness and improves its position in the product market.

РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ МОДЕЛІ БАГАТОВИМІРНОГО АНАЛІЗУ СЛАБОСТРУКТУРОВАНИХ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ДАНИХ ПРИ ЇХ РОЗПІЗНАВАННІ

Рудніченко М.Д., к.т.н., доцент, Шибаєва Н.О., к.т.н., доцент, Шибаєв Д.С.
Національний університет «Одеська політехніка»

У сучасних умовах стрімкого розвитку автоматизованих систем керування та робототехнічних комплексів зростає роль інтелектуальних методів обробки даних, здатних працювати з інформацією різної природи. Значна частина даних, що генеруються в технічних системах, характеризується високим рівнем неоднорідності, різною структурою представлення та наявністю великої кількості неформалізованих параметрів. Такі дані часто виникають у процесі функціонування сенсорних мереж, систем технічного моніторингу, роботизованих платформ та автоматизованих виробничих комплексів [1]. У подібних умовах виникає необхідність створення нових підходів до їх інтелектуального аналізу та розпізнавання, які б дозволяли ефективно інтегрувати інформацію з різних джерел та формувати узгоджене представлення про стан технічного середовища.

Особливу складність становить робота зі слабоструктурованими мультимодальними даними, що поєднують числові вимірювання, сигнали сенсорів, зображення, текстові повідомлення або інші інформаційні формати. У системах автоматизації такі дані можуть надходити від камер технічного зору, датчиків температури, акустичних сенсорів, модулів навігації, систем телеметрії та інших технічних компонентів складних технологічних установок [2].

Відсутність єдиної структури представлення інформації ускладнює застосування класичних алгоритмів обробки даних, оскільки вони здебільшого орієнтовані на однорідні набори параметрів. У зв'язку з цим актуальним напрямом досліджень є формування концептуальних підходів до багатовимірного аналізу мультимодальної інформації, що дозволяють враховувати взаємозв'язки між різними типами даних.

Слабоструктуровані дані характеризуються тим, що їхня внутрішня організація лише частково підпорядковується формалізованим правилам. У технічних системах подібна інформація може виникати, наприклад, у вигляді текстових журналів роботи обладнання, сигналів із нестандартних сенсорів або результатів обробки зображень. Водночас ці дані містять значний обсяг корисної інформації щодо функціонування системи, виявлення аномалій або прогнозування можливих відмов [3]. Тому розробка моделей, здатних інтегрувати такі джерела інформації в єдиному аналітичному середовищі, є важливим завданням для сучасних систем автоматизації.

Концепція багатовимірного аналізу мультимодальних даних передбачає формування інтегрованого інформаційного простору, у межах якого дані різної природи можуть бути представлені у вигляді узгоджених багатовимірних ознак. Такий підхід дозволяє враховувати взаємозалежності між різними параметрами системи та забезпечує більш повне відображення стану технологічного процесу. У контексті комп'ютерно-інтегрованих технологій це особливо важливо, оскільки ефективне управління складними виробничими системами потребує одночасного аналізу великої кількості різнорідних показників.

Одним із ключових елементів запропонованої концепції є формування багаторівневої архітектури обробки даних. На початковому рівні здійснюється інтеграція інформації з різних сенсорних джерел та її попередня підготовка. На цьому етапі виконуються операції нормалізації, фільтрації шумів, синхронізації часових рядів та перетворення даних до узгодженого формату. Така попередня обробка дозволяє забезпечити коректне поєднання даних різної природи та підготувати їх до подальшого аналізу.

Наступний рівень архітектури передбачає формування системи ознак, яка відображає найбільш значущі характеристики досліджуваних даних. У випадку мультимодальної інформації цей процес може включати вилучення візуальних ознак із зображень, спектральних характеристик сигналів, статистичних параметрів часових рядів та семантичних ознак текстових даних. Отримані ознаки інтегруються у спільний багатовимірний простір, що дозволяє проводити комплексний аналіз інформації незалежно від її початкового формату.

Подальший етап концептуальної моделі пов'язаний із застосуванням методів інтелектуального аналізу даних для розпізнавання станів системи або виявлення певних закономірностей у мультимодальному інформаційному потоці. У сучасних системах автоматизації для цього дедалі частіше використовуються алгоритми машинного навчання та глибинного навчання, здатні працювати з високиміірними наборами ознак. Зокрема, нейронні мережі дозволяють ефективно виявляти складні нелінійні залежності між параметрами технічних систем, що значно підвищує точність розпізнавання.

Важливим аспектом розробки концепції є врахування особливостей функціонування робототехнічних систем, які часто працюють у динамічних і частково невизначених середовищах. У таких умовах інформаційні потоки можуть змінюватися в режимі реального часу, а структура даних може бути нестабільною. Тому модель багатовимірного аналізу повинна мати властивість адаптивності та забезпечувати можливість поступового оновлення параметрів у процесі роботи системи.

Однією з ключових переваг використання мультимодального підходу є можливість взаємного доповнення різних джерел інформації. Наприклад, дані технічного зору можуть доповнюватися інформацією від акустичних або температурних сенсорів, що дозволяє більш точно ідентифікувати стан обладнання або виявляти потенційні відхилення у технологічному процесі. Такий інтегрований аналіз сприяє підвищенню надійності автоматизованих систем і зменшує ймовірність помилкових рішень.

У контексті комп'ютерно-інтегрованих технологій розробка подібних моделей також сприяє формуванню єдиного інформаційного середовища підприємства. Об'єднання даних із різних виробничих підсистем дозволяє створювати комплексні цифрові моделі технологічних процесів, які можуть використовуватися для оптимізації управління, прогнозування технічних відмов та підвищення ефективності виробництва. У робототехнічних комплексах це відкриває можливості для реалізації більш складних алгоритмів автономного прийняття рішень.

Запропонована концепція моделі багатовимірного аналізу слабоструктурованих мультимодальних даних орієнтована на створення універсальної аналітичної платформи, здатної працювати з різними типами інформації у межах єдиного обчислювального середовища.

Такий підхід дозволяє підвищити ефективність розпізнавання станів технічних систем, забезпечити більш глибоке розуміння процесів, що відбуваються у складних технологічних комплексах, а також створити передумови для подальшого розвитку інтелектуальних систем автоматизації та робототехніки.

Література

1. Piechocki, R. J., Wang, X., & Bocus, M. J. (2023). Multimodal sensor fusion in the latent representation space. *Scientific Reports*, 13, Article 2005.
2. Cheng, P., Xiong, Z., Bao, Y., Zhuang, P., Zhang, Y., Blasch, E., & Chen, G. (2023). A deep learning-enhanced multi-modal sensing platform for robust human object detection and tracking in challenging environments. *Electronics*, 12(16), 3423.
3. Thuruthel, T. G., & Iida, F. (2022). Multimodal sensor fusion for learning rich models for interacting soft robots. *IEEE Robotics and Automation Letters*

**ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ АГЕНТНОГО ПІДХОДУ В ГІБРИДНІ МОДЕЛІ
ОЦІНКИ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ**

Шведов Д.С.

Національний університет «Одеська політехніка»

У сучасних умовах високої турбулентності фінансових ринків проблема адекватного оцінювання ризиків набуває особливої актуальності. Зростання швидкості обігу фінансових ресурсів, поява нових цифрових фінансових інструментів та збільшення обсягів різномірних даних суттєво ускладнюють процес формування ефективних аналітичних моделей [1]. Традиційні статистичні підходи, що базуються переважно на припущеннях про лінійність взаємозв'язків між змінними, часто не дозволяють повною мірою відобразити складну динаміку сучасних фінансових систем. У зв'язку з цим значний інтерес викликають гібридні моделі аналізу ризиків, у межах яких поєднуються різні методи машинного навчання, економетричного моделювання та інтелектуального аналізу даних [2]. Одним із перспективних напрямів розвитку таких моделей є використання агентного підходу, який дозволяє відтворювати поведінкові характеристики економічних суб'єктів та досліджувати складні системні взаємодії між ними [3].

Метою дослідження є аналіз особливостей впровадження агентного підходу в структуру гібридних моделей оцінки фінансових ризиків та визначення його ролі у підвищенні точності прогнозування та адаптивності аналітичних систем. Концептуально агентний підхід передбачає моделювання фінансової системи як сукупності автономних взаємодіючих агентів, кожен з яких має власні параметри поведінки, цілі та механізми прийняття рішень. Такий підхід дозволяє враховувати мікрорівневі процеси, що формують макроекономічну динаміку ринку, а також досліджувати ефекти колективної поведінки учасників фінансових відносин.

У структурі гібридних моделей оцінки фінансових ризиків агентний компонент виконує функцію симуляційного ядра, яке забезпечує генерацію альтернативних сценаріїв розвитку ринкової ситуації. У межах такого підходу кожен агент може представляти окремого інвестора, фінансову установу або іншу економічну одиницю, поведінка якої визначається набором правил і параметрів. Завдяки цьому модель здатна відтворювати процеси прийняття інвестиційних рішень, формування попиту і пропозиції на фінансових ринках, а також реакцію системи на зовнішні економічні шоки. У результаті формується більш реалістичне представлення ризикових процесів, що виникають у складних фінансових середовищах [4].

Особливістю інтеграції агентного підходу в гібридні моделі є необхідність поєднання симуляційного моделювання з алгоритмами машинного навчання. У такій архітектурі агентна модель може використовуватись для формування синтетичних наборів даних, які відображають можливі сценарії розвитку фінансового ринку. Отримані дані надалі застосовуються для навчання моделей прогнозування, зокрема нейронних мереж, ансамблевих алгоритмів або методів глибинного навчання. Така інтеграція дозволяє підвищити стійкість моделей до нестачі історичних даних і забезпечує більш глибоке врахування нелінійних залежностей між фінансовими показниками.

Значну роль у реалізації агентного підходу відіграє процес параметризації агентів та визначення правил їхньої взаємодії. Для цього використовуються як емпіричні фінансові дані, так і результати економічних досліджень, що описують поведінкові особливості інвесторів. Зокрема, можуть враховуватися такі фактори, як схильність до ризику, стратегія диверсифікації активів, реакція на інформаційні сигнали ринку або рівень довіри до макроекономічних прогнозів. У результаті формується багаторівнева модель, у якій

поведінка окремих агентів поступово трансформується у складні колективні процеси, що визначають загальну динаміку фінансових ризиків.

У процесі побудови гібридної моделі важливою є інтеграція агентного симуляційного блоку з іншими аналітичними компонентами системи. Зазвичай така архітектура включає модулі попередньої обробки даних, блоки машинного навчання, механізми оцінювання ризиків та інструменти інтерпретації результатів. Агентна модель у цьому випадку виступає джерелом додаткової інформації про потенційні сценарії розвитку фінансових процесів, що дозволяє розширити аналітичні можливості системи. Подібна концепція узгоджується з підходом до поетапного формування модульної структури аналітичної системи, у якій різні компоненти виконують спеціалізовані функції аналізу даних та оцінювання ризиків

Практична реалізація агентного підходу в гібридних моделях пов'язана з використанням сучасних програмних інструментів та платформ моделювання. Для побудови агентних систем можуть застосовуватися спеціалізовані фреймворки, що забезпечують створення великої кількості взаємодіючих агентів та моделювання їхньої поведінки в динамічному середовищі. Водночас інтеграція з алгоритмами машинного навчання реалізується за допомогою бібліотек аналізу даних та нейромережових фреймворків. Така технологічна комбінація дозволяє створювати масштабовані програмні системи, здатні обробляти значні обсяги фінансової інформації та забезпечувати високу точність прогнозування.

Результати експериментальних досліджень свідчать, що використання агентного підходу в структурі гібридних моделей дозволяє підвищити якість оцінювання фінансових ризиків у складних та нестабільних ринкових умовах. Зокрема, симуляційне моделювання поведінки агентів сприяє виявленню прихованих закономірностей у динаміці фінансових показників та дозволяє аналізувати потенційні наслідки різних сценаріїв розвитку економічної ситуації. Поєднання агентного моделювання з алгоритмами машинного навчання також сприяє підвищенню адаптивності системи до змін у структурі вхідних даних та появи нових факторів ризику.

Висновки. На базі проведених досліджень слід зазначити, що впровадження агентного підходу у гібридні моделі оцінки фінансових ризиків є перспективним напрямом розвитку сучасних аналітичних систем. Його використання дозволяє поєднати можливості симуляційного моделювання поведінки економічних суб'єктів із потужними інструментами машинного навчання, що забезпечує більш комплексний аналіз фінансових процесів. Подальші дослідження у цьому напрямі доцільно спрямувати на вдосконалення механізмів взаємодії між агентними та нейромережевими компонентами моделей, а також на розширення набору поведінкових параметрів агентів, які можуть впливати на формування фінансових ризиків у різних секторах економіки.

Література

1. Li, X., Zeng, Y., Xing, X., Xu, J., & Xu, X. (2025). QuantAgents: Towards multi-agent financial systems via simulated trading. arXiv preprint arXiv:2510.04643.
2. Tsao, S., & Chen, W. (2026). A hybrid framework integrating fuzzy logic and artificial intelligence for corporate financial management and risk prediction. *Discover Computing*, 29, Article 92.
3. Liu, X. (2025). Financial risk control and management based on machine learning. *Applied and Computational Engineering*, 202, 31–38.
4. Rajendran, H., Kayal, P., & Maiti, M. (2025). A multipurpose hybrid forecasting framework for economic stress scenarios: Evidence from agriculture and energy sectors. *Future Business Journal*, 11, Article 185.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНЖЕНЕРНО-ГРАФІЧНОМУ НАВЧАННІ

Безпружний В. В., група АТП-22д, Дуришев О. А., аспірант кафедри КІСУ, Карпюк Л. В.,
ст.викладач

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Принцип професійної спрямованості інженерно-графічної освіти полягає у взаємозв'язку інженерної освіти, побудованої з урахуванням професійної спрямованості особистості, та змісту соціальних і технічних аспектів праці. Такий взаємозв'язок створює основу для поєднання загальнотехнічної та професійної підготовки за обраною спеціальністю бакалавра, готуючи його до активної участі у професійній діяльності відповідно до особистих інтересів та суспільних потреб.

Інженерна графіка є однією з основних дисциплін, що становлять основу вищої технічної освіти. Іноді її викладають традиційними методами за застарілими програмами. Багато підприємств і фірм, що займаються проєктуванням, перейшли на комп'ютерні методи створення креслеників. Тому впровадження нових методик у вивченні інженерної графіки, особливо тих, що базуються на застосуванні комп'ютерних технологій, є актуальним завданням. У зв'язку з цим гостро постає питання про професійну спрямованість під час підготовки студентів та формування в них професійного мислення (мислення інженерного типу). Розвитку інженерного мислення сприяють заняття з нарисної геометрії, технічного креслення та комп'ютерної графіки, які вивчають студенти технічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

Застосування тривимірної комп'ютерної графіки в процесі навчання сприяє кращому засвоєнню основних понять і методів, набуттю практичних навичок та умінь, а також розвитку просторового мислення. Як наслідок, підвищується ефективність самостійної роботи студентів, поліпшується якість виконаних домашніх завдань і контрольних робіт.

З перших занять з інженерно-графічних дисциплін необхідно приділяти особливу увагу формуванню навичок аналізу форми, її відображення на площинах проєкцій, аналізу отриманих зображень із виявленням характерних ознак, що забезпечують впізнавання форми геометричних тіл та деталей. Виконуючи такого роду завдання, доцільно користуватися графічним редактором AutoCAD, який дозволяє розглянути елементи моделі з усіх боків.

У навчальній діяльності слід активно реалізовувати принцип професійної спрямованості, щоб студенти поза межами аудиторії бачили ті об'єкти, над якими вони працюватимуть, виконуючи той чи інший кресленик. З цією метою потрібно давати студентам завдання на пошук прикладів застосування на виробництві або в побуті деталей певної форми (циліндричної, кульової тощо), прикладів ліній зрізу, ліній перетину поверхонь тощо. Так, наприклад, під час вивчення теми про сполучення ліній слід використовувати велику кількість різноманітних прикладів із навколишнього середовища. Такими прикладами можуть бути: архітектурні елементи або вази, щит світлофора, рейки, обриси шатуна, профілі прокату, контури різних технічних деталей (прокладок, корпусів, гітар, кришок, підшипників). Ми повинні дати можливість студентам самостійно підібрати якийсь життєвий приклад з певної теми. При цьому хороші приклади слід заохочувати, що сприяє розвитку у студентів спостережливості (рис. 1).

Активне використання системи автоматизованого проєктування дозволяє формувати професійні навички. Крім того, у процесі викладання інженерно-графічних дисциплін необхідно активно використовувати інформаційні технології, а саме:

– навчальні програмні засоби, призначенням яких є передача знань, формування умінь і навичок практичної діяльності та забезпечення необхідного рівня засвоєння, що

визначається за допомогою зворотного зв'язку, реалізованого засобами програми (наприклад, навчання комп'ютерній графіці в AutoCAD);

– програмні засоби (системи), тренажери, призначені для відпрацювання умінь та навичок навчальної діяльності, здійснення самопідготовки (наприклад, перевірка знань або повторення раніше пройденого матеріалу з дисципліни «Інженерна графіка» у формі тестування);

– інформаційно-пошукові програмні системи, що надають можливість вибору та виведення необхідної інформації.

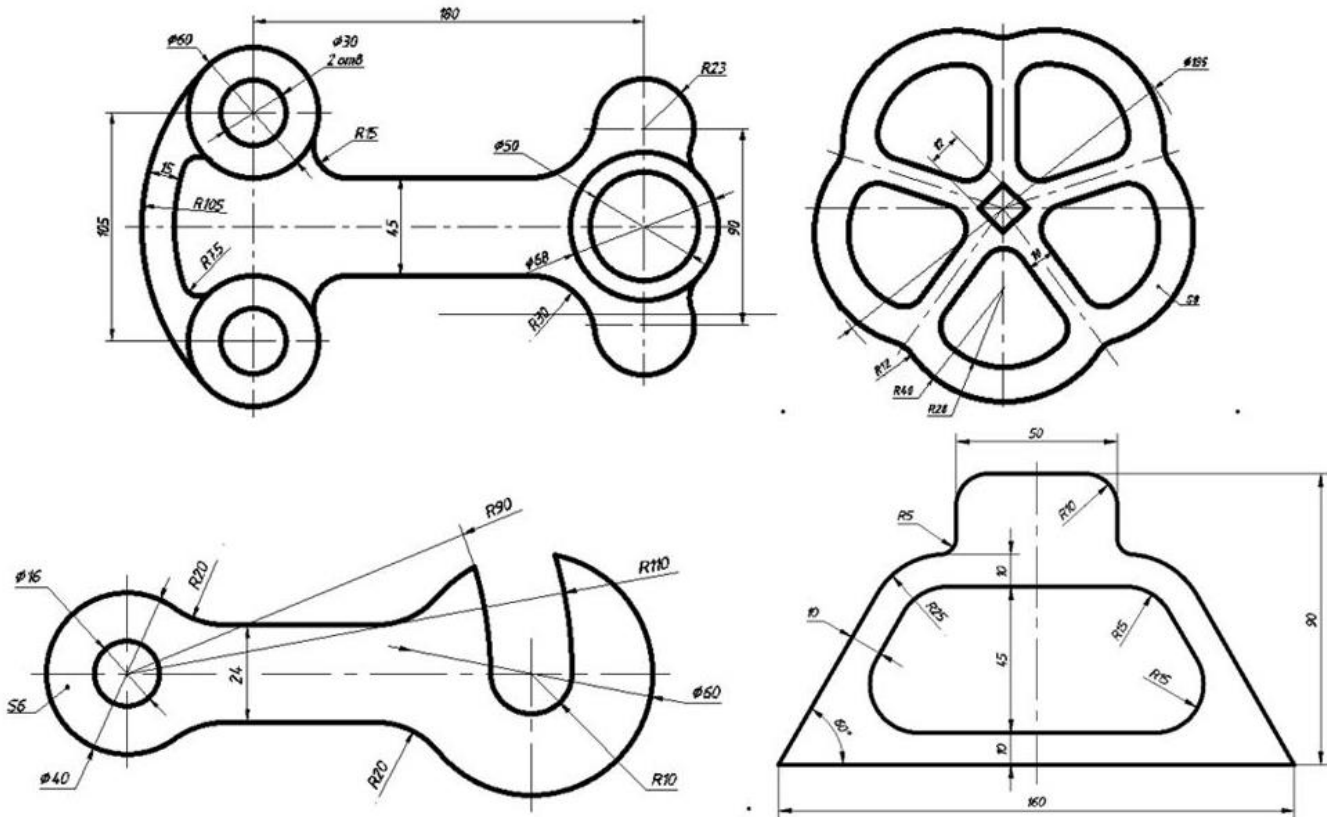


Рис. 1. Приклади завдань на тему «Сполучення»

Отже, використання комп'ютерних технологій як засобу підвищення інтенсивності самостійної роботи студентів дозволяє підвищити наочність і встановити індивідуальний темп засвоєння навчального матеріалу студентами, що є дуже важливим для формування професійних умінь кожного студента.

Для успішного формування компетентностей у сфері інженерно-конструкторського проєктування та засвоєння принципів роботи з креслениками на заняттях з інженерно-графічних дисциплін студенту необхідно:

- вивчити вимоги до оформлення графічної документації;
- вивчити умовні графічні позначення, що застосовуються в креслениках при позначенні матеріалів;
- вміти виконувати кресленики різного призначення;
- набути необхідні навички в читанні схем і креслеників та здійсненні нормоконтролю.

STUDY OF THE PROCESS OF ATMOSPHERIC AIR PURIFICATION AFTER POLLUTION WITH SOLID DUST MICROPARTICLES

Holobchuk O., postgraduate stud., Glikina I.M. prof., doctor of tech.sc.,

Zubtsov Ye.I. doc., assist. of prof.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Introduction. The airspace over Ukraine is constantly at risk of pollution. This has been noted after attacks by unmanned aerial vehicles (UAVs). After a UAV or missile falls, a plume of smoke remains in the air and dust particles spread through the air. This situation is observed in most cities that are constantly targeted by UAV attacks. Pollution of the atmospheric surface layer was confirmed during the period from 2022-2024. According to the observations of the NAS, "It was recorded that the concentrations of harmful impurities after the attacks increased on average by 100-400%, and in some extreme cases by more than 1000%" (Fig.) [1].

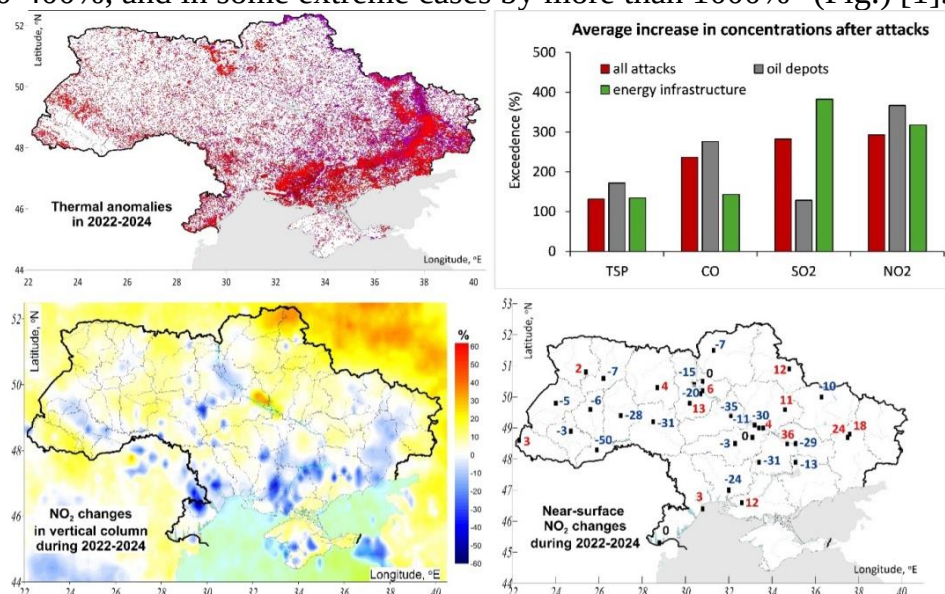


Fig. Analysis of changes in atmospheric pollution during 2022-2024

Military operations have led to the appearance of thick smog and the smell of burning in the atmosphere. This is noted by residents who are constantly under the influence of enemy attacks (Kyiv, Dnipro, Kharkiv, and others). It has been analyzed that the cause of such gas pollution is microscopic particles of dust and soot, which are formed as a result of explosions and fires caused by enemy attacks. These particles are dangerous for the respiratory system and cardiovascular system. During periods of severe gas pollution, people are asked to follow simple safety measures:

- Do not open windows.
- Do not ventilate the premises during periods of active pollution.
- If you need to go outside, wear a mask, preferably a wet one, because it better filters dust and small particles from the air.
- Avoid prolonged exposure to the open air [2].

The fight against industrial dust is carried out using a respirator as an individual protection and collective protection - room ventilation. [3].

Respirators and dust masks have a simple design. They contain anti-dust fabric. The mask body is 4-5 layers of fabric. The outer layers are made of lint-free fabric, and the inner ones are made of lint for better filtration. The FFP1 filtering half mask is designed to protect the respiratory tract from dust, smoke, fog and polydisperse particles of organic origin with low hazard. It is used in metallurgy, construction, mechanical engineering, pharmaceuticals and production. The filtering

materials are three or four layers of polymer material. More often it is polyurethane material or polyester.

Let's consider the properties of polyester as both positive and negative. The main advantages are related to durability and ease of use, wear resistance and strength, resistant to abrasion, stretching and other physical influences. The negative effects of polyester include low air permeability (relative to pure polyester), high accumulation of static electricity, poor hygroscopicity, stiffness, insensitive to high temperatures (melts easily) [4].

Results of the study.

According to the studied and analyzed information material, it was determined that personal protective equipment helps to retain dust microparticles. The composition of the product contains two to three layers of polyester, breathing valves. Therefore, it is possible to use these properties of polyester as a material for capturing microparticles in the atmosphere. The essence of the idea is that we use approximately two to three layers of polyester. These layers can serve as a filter for dust microparticles even after explosions. But this idea should be studied in detail to determine the design and mode of use. The main apparatus of such a study can be a square or rectangular frame, on which layers of polyester are attached and an additional filter layer is attached on one side. This idea can be the beginning of a project to neutralize atmospheric air in large cities from solid dust microparticles.

Discussion.

The idea that arose when studying and analyzing information material on pollution and filter material. This could be an environmental project. It is difficult to predict the result, but there is a possibility to create a new device. This device will allow filtering the air on the street and allowing purified air into the premises. The design of the device is simple, but some research is needed with air analysis before and after this device.

Reference:

1. Yak vijna vplynula na yakist` povitrya: ukrainski vcheni proveli pershe gruntovne doslidzhennya. 24.02.2026 // © 2015-2026 Ukrinform. <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/4094983-ak-vijna-vplynula-na-akist-povitra-ukrainski-vceni-proveli-perse-gruntovne-doslidzenna.html>

2. Yak zakhystyty vid zabrudnennogo povitrya pislya obstrilu: vazhlyvi pravila. Ivanenko M. Opubl. 04.07.2025 <https://news.telegraf.com.ua/ukr/ukraina/2025-07-04/5913943-kak-zashchititsya-ot-zagryaznennogo-vozdukha-posle-obstrelya-vazhnye-pravila>

3. Pyl yak nebezpechnyj ta shkidlyvyj vyrobnychyj faktor. Krupka V. 13.08.2024 <https://burshtyn-cpmsd.lic.org.ua/porady-likarya/pyl-iak-nebezpechnyj-ta-shkidlyvyj-vyrobnychyj-faktor/#:~:text=%D0%94%D0%BE%20%D0%97%D0%86%D0%97%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%20%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D1%83%20%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B6%D0%B0%D1%82%D1%8C%3A%20%C2%B7%20%D0%A0%D0%B5%D1%81%D0%BF%D1%96%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%20%E2%80%93,%C2%B7%20%D0%97%D0%B0%D1%85%D0%B8%D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BE%D0%B4%D1%8F%D0%B3%20%E2%80%93%20%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%B8%D1%89%D0%B0%D1%94%20%D1%88%D0%BA%D1%96%D1%80%D1%83%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%20%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D1%83.>

4. Poliester tkanyna: plyusy i minusy populyarnogo materialu. 11.08.2025. <https://www.nsi.com.ua/poliester-tkanyna-plyusy-i-minusy-populyarnogo-materialu/>

ІНТЕГРАЦІЯ CAD-СИСТЕМ В АВТОМАТИЗАЦІЮ ДИСКРЕТНОГО ВИРОБНИЦТВА

Калита Р. О., група АТП-22д, Кобзарев Є. В., аспірант кафедри КІСУ,
Карпюк Л. В., ст.викладач
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Автоматизація дискретного виробництва – ключовий крок до підвищення ефективності та зниження витрат. Одним з основних аспектів успішної автоматизації є правильне планування технологічного процесу, що включає визначення індивідуального виробничого маршруту деталей. Дискретне виробництво — це тип виробництва, при якому вироби виготовляються у вигляді окремих і чітко розрізняваних одиниць. Такий тип виробництва переважає в машинобудуванні, приладобудуванні, легкій промисловості тощо. Саме проектування виробів здійснюється у спеціальних CAD-системах, призначених для автоматизованого проектування. Інтеграція з CAD-системами може значно спростити планування технологічного процесу та забезпечити вищий рівень автоматизації.

У будь-якого виробничого процесу є одна спільна проблема – це планування технологічного процесу з визначенням виробничого маршруту деталей для подальшої автоматизації процесу дискретного виробництва.

CAD-системи, або, інакше кажучи, САПР – системи автоматизованого проектування, поділяються на рівні (рис. 1):

- нижні – призначені для 2D-моделювання та креслення, і, як правило, в них можна створювати окремі тривимірні моделі. Наприклад, AutoCAD;
- середні – призначені для створення 3D-моделей, у них можна виконувати різні інженерні розрахунки. Наприклад, AutoCAD 3D;
- верхні – призначені не тільки для моделювання, але й дають змогу працювати з вбудованими підсистемами інженерного аналізу. Наприклад, Siemens NX.

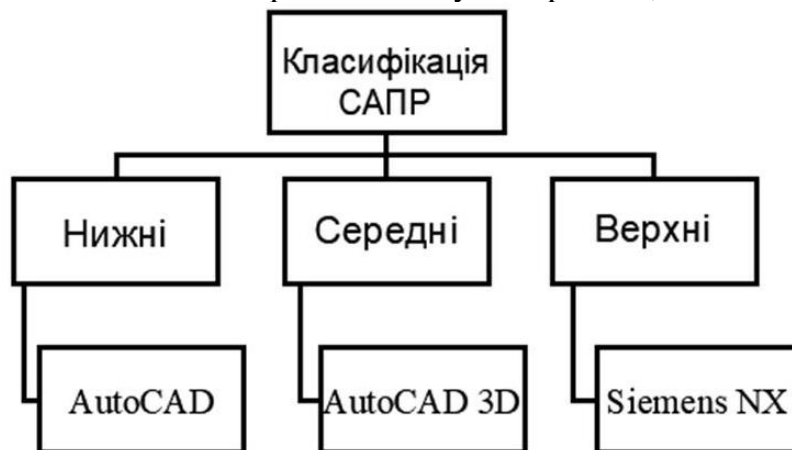


Рис. 1. Класифікація САПР

Найпопулярніші з них включають:

- AutoCAD: універсальна система для 2D- та 3D-проектування;
- SolidWorks: система, орієнтована на 3D-моделювання з потужними інструментами для аналізу;
- CATIA: використовується для 3D-моделювання, інженерного аналізу та розробки складних виробів, використовується в аерокосмічній та автомобілебудівній галузях.

При виборі CAD-системи необхідно враховувати специфіку виробничих процесів та вимоги до проектування. Розглянемо таку САПР, як AutoCAD. Її головна особливість полягає в тому, що вона дозволяє спільно працювати над проектом, при цьому забезпечуючи високу точність і якість креслеників.

Будь-яка CAD-система повинна мати можливість інтегруватися з іншими системами, і AutoCAD не є винятком. Одним із ключових аспектів успішної інтеграції є необхідність створення централізованої бази матеріалів. Це дозволить забезпечити уніфікований доступ до інформації про матеріали, що використовуються у виробництві, включаючи їхні властивості, доступність та технічні характеристики. Інтеграція з використанням файлового обміну має низку переваг: простота, підтримка різних форматів і можливість розподілити зони відповідальності систем, а також не вимагає великих витрат на впровадження та підтримку. Це означає, що на етапі впровадження системи можлива інтеграція через файловий обмін.

На прикладі невеликого XML-файлу можна створити виробничий маршрут для певної деталі. Якщо кількість ознак збільшиться, то прямо пропорційно збільшиться й кількість дій для маршруту. Робота з даними з CAD-системи дозволяє враховувати особливості кожної деталі та автоматично генерувати оптимальний маршрут. Дотримуючись цих принципів, компанії можуть ефективно організувати виробничі процеси, що в підсумку призведе до підвищення якості продукції та зниження витрат.

Слід зазначити, що виробничі маршрути є частиною більш широких бізнес-процесів, які включають:

- планування: визначення необхідного обсягу виробництва та термінів;
- управління ресурсами: розподіл обладнання та матеріалів для виконання операцій;
- контроль якості: забезпечення відповідності виробленої продукції вимогам.

Ефективне управління цими процесами може значно підвищити продуктивність і скоротити витрати, а автоматизація процесів дискретного виробництва шляхом побудови виробничих маршрутів через інтеграцію з CAD-системою є першим кроком на шляху до ефективного управління виробництвом.

У результаті можна запропонувати алгоритм автоматизації дискретного виробництва, що включає послідовність таких дій:

- Використання САПР AutoCAD;
- Інтеграція САПР з іншою системою за допомогою обміну файлами;
- Експорт даних у файл XML;
- Валідація (це процес автоматичної або ручної перевірки інформації на відповідність встановленим правилам, форматам та обмеженням перед її обробкою або збереженням) даних посредством XSD-схем;
- Інтерпретація та виявлення ознак із XML-файлу;
- Побудова виробничого маршруту за ознаками.

В якості САПР було обрано AutoCAD, оскільки ця програма є найбільш популярною та ефективною для вирішення більшості інженерних завдань. Було встановлено, що на початковому етапі найкраще інтегрувати AutoCAD з іншою системою за допомогою обміну файлами у форматі XML та проводити валідацію даних за допомогою схеми XSD. За певними принципами можна виявити ознаки в XML-файлі, що дає змогу побудувати виробничий маршрут деталей і, зрештою, призведе до автоматизації виробничого процесу.

Інтеграція CAD-систем з автоматизованими системами управління виробництвом відкриває нові можливості для оптимізації робочих процесів. Проектування системи для визначення індивідуального виробничого маршруту на основі даних із CAD дозволяє значно підвищити ефективність виробництва та забезпечити високий рівень автоматизації. Дотримуючись наведеного алгоритму, можна досить просто автоматизувати виробничий процес.

ВАРІАТИВНІСТЬ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ КУТІВ В AUTOCAD У ПІДГОТОВЦІ ІНЖЕНЕРІВ

Бажміна Е.А., доцент, доктор філософії
Національний університет «Запорізька політехніка»

Сучасна інженерна освіта вимагає від студента не лише знання інструментарію, а й здатності обирати найбільш ефективний алгоритм дій для вирішення конкретної графічної задачі. На прикладі побудови відрізка під заданим кутом ми можемо продемонструвати три принципово різних підходи, кожен з яких розвиває специфічні когнітивні навички майбутнього фахівця.

Мета дослідження: Обґрунтувати та систематизувати ефективні методичні підходи до вивчення інструментарію AutoCAD, зокрема побудови кутів, для підвищення точності інженерних креслеників та оптимізації швидкості роботи студентів.

Завдання дослідження:

1. Розробити покрокові алгоритми для трьох основних методів побудови кутів.
2. Визначити технічні особливості (гарячі клавіші, режими введення), що впливають на якість навчання.
3. Сформувані критерії вибору методу залежно від типу графічного завдання.
4. Впровадити обов'язкову систему верифікації результатів через використання шарів та анотацій.

В основу методики проведення дослідження покладено порівняльний аналіз трьох технологічних підходів, які студенти опановують під час практичних занять:

1. Метод полярних координат (аналітичний): Студент активує команду «Відрізок», встановлює першу точку та обов'язково перемикає клавіатуру на англійську розкладку. Побудова здійснюється через введення символу «равлик» (@) (комбінація Shift + 2), вказання довжини відрізка та символу кута «менше» (<) із числовим значенням нахилу відносно додатної осі. Підтвердження операції виконується подвійним натисканням клавіші Пробіл.

2. Метод полярного відстеження (візуальний): Через меню «Адаптація» (три горизонтальні риски) активується відповідний режим, а на панелі керування налаштовується крок кута (наприклад, 60°). Студент переміщує курсор до появи пунктирної лінії відстеження, яка фіксує потрібний напрямок, після чого вводить довжину та підтверджує дію клавішею Пробіл.

3. Режим динамічного введення (інтерактивний): Робота ведеться за умови, що кнопка режиму на панелі керування підсвічена синім кольором. Після введення довжини використовується клавіша Tab для переходу до вікна кута, що дозволяє працювати як з додатними, так і з від'ємними значеннями (наприклад, -135°) для зміни напрямку побудови. Завершується команда натисканням Enter.

Головним результатом впровадження даної методики є здатність студента свідомо обирати метод побудови залежно від конкретних умов задачі:

- Студент обирає метод полярних координат, коли необхідна абсолютна точність при роботі з довільними (нестандартними) кутами, що не є кратними певним значенням, та коли важливо чітко дотримуватися аналітичної формули.
- Студент обирає метод полярного відстеження, якщо потрібно максимально швидко побудувати серію кутів, кратних заданому кроку (наприклад, 30° чи 60°). Цей метод є пріоритетним при роботі з візуальними орієнтирами, що значно прискорює процес креслення типових вузлів.
- Студент обирає динамічне введення, коли важлива оперативність та наочність, оскільки параметри відображаються безпосередньо біля курсора. Цей режим є

найзручнішим для швидкого маніпулювання об'єктами та перемикання між параметрами за допомогою клавіші Tab.

Практична значимість отриманих результатів також полягає у формуванні професійної відповідальності. Незалежно від обраного шляху, обов'язковим фінальним кроком є процедура верифікації: студент змінює шар на «Розміри» та через вкладку «Анотація» наносить кутовий розмір для підтвердження точності виконаної побудови.

Такий підхід не лише розвиває технічні навички роботи в САПР, а й стимулює аналітичне мислення студентів, навчаючи їх оптимізувати свою працю через вибір найбільш доцільних інструментів.

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНЕ КЕРУВАННЯ ЦИКЛОМ ВАКУУМНОГО ПАКУВАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Маскаленко В.М., Купіна О.А.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Вакуумне пакування є одним із важливих технологічних процесів у харчовій промисловості, оскільки воно дозволяє подовжити термін зберігання продукції, зменшити вплив кисню, обмежити розвиток мікроорганізмів, зберегти органолептичні властивості продукту та підвищити якість його транспортування. Особливе значення вакуумне пакувальне обладнання має для м'ясної, рибної, молочної, овочевої, кулінарної та замороженої продукції, де стабільність пакувального циклу безпосередньо впливає на безпечність і товарний вигляд готового виробу.

Майбутнє дисертаційне дослідження, присвячене автоматизації керування вакуумним пакувальним обладнанням у харчовій промисловості, доцільно спрямувати на розробку комп'ютерно-інтегрованої системи, яка забезпечує контроль основних параметрів пакувального процесу: тиску у вакуумній камері, часу вакуумування, температури зварювання, тривалості герметизації, стану пакета, роботи вакуумного насоса та виконавчих механізмів. На відміну від простого ручного налаштування обладнання, автоматизована система повинна забезпечувати повторюваність циклу, швидке виявлення відхилень і адаптацію режиму до типу харчового продукту.

Вакуумне пакувальне обладнання можна розглядати як технологічний об'єкт циклічної дії. Його робота складається з кількох послідовних етапів: завантаження продукту в пакет, закривання камери, відкачування повітря, досягнення заданого рівня вакууму, витримка, зварювання шва, розгерметизація камери та вивантаження готової упаковки. Основним регульованим параметром є тиск у вакуумній камері, оскільки саме він визначає ступінь видалення повітря з упаковки. Додатково важливими параметрами є температура нагрівальної планки, час зварювання, якість шва та залишковий вміст кисню в упаковці.

У структурі системи автоматизації доцільно передбачити використання датчика абсолютного тиску, датчика температури зварювальної планки, кінцевих вимикачів положення кришки, датчиків стану виконавчих механізмів, програмованого логічного контролера, вакуумного насоса, електромагнітних клапанів, нагрівального елемента та панелі оператора. PLC виконує логіку циклу, контролює послідовність операцій, порівнює поточний тиск із заданим значенням, керує клапанами й нагрівом, а також формує аварійні повідомлення у разі негерметичності пакета, недостатнього вакууму або перегріву зварювального вузла.

Для дослідження такого об'єкта доцільно побудувати математичну модель процесу вакуумування. У спрощеному вигляді зміну тиску в камері можна подати як експоненційний процес:

$$P(t) = P_{\min} + (P_0 - P_{\min})e^{-t/T}, \quad (1)$$

де $P(t)$ — поточний тиск у вакуумній камері, P_0 — початковий атмосферний тиск, $P_{\min}$ — мінімальний досяжний тиск, T — стала часу процесу вакуумування, що залежить від продуктивності насоса, об'єму камери, герметичності системи та властивостей продукту.

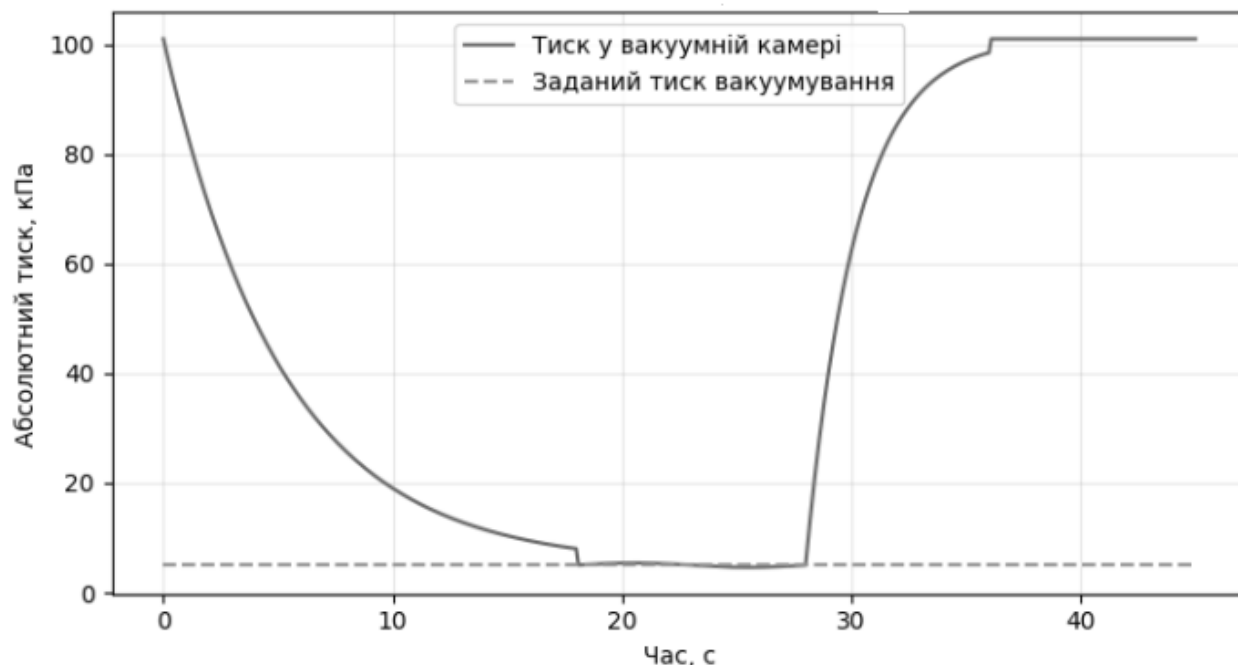


Рисунок — Цикл автоматичного вакуумного пакування

Спочатку тиск швидко зменшується під час відкачування повітря, потім підтримується на заданому рівні під час зварювання шва, після чого камера розгерметизується і тиск повертається до атмосферного. Такий графік дозволяє оцінити швидкість вакуумування, стабільність досягнення заданого тиску та правильність роботи автоматичного циклу.

Очікуваним результатом дослідження є розробка структури комп'ютерно-інтегрованої системи керування вакуумним пакувальним обладнанням, яка забезпечує стабільне виконання пакувального циклу, контроль параметрів герметизації, зменшення кількості дефектної упаковки та підвищення якості харчової продукції. Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження такої системи на підприємствах харчової промисловості для підвищення продуктивності, зменшення втрат продукції та забезпечення стабільної якості пакування.

Таким чином, автоматизація керування вакуумним пакувальним обладнанням є актуальним напрямом, що поєднує завдання технологічного аналізу, математичного моделювання, програмного керування та контролю якості готової упаковки. Запропонований підхід дозволяє перейти від простого циклічного керування до більш гнучкої комп'ютерно-інтегрованої системи, здатної враховувати тип продукту, необхідний рівень вакууму та вимоги до герметичності пакування.

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ЕКСТРАКЦІЙНОЇ ФОСФАТНОЇ КИСЛОТИ ВІД ФТОРУ

Старікова А. А., здобувач групи ХТ-23д, Золотарьова О. В., к.пед.н., доц.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Зростання виробництва технічних фосфатних солей та посилення дефіциту термічної фосфатної кислоти актуалізує питання використання екстракційної фосфатної кислоти для виготовлення як харчових, так і кормових фосфатів. Проте, застосування цієї кислоти, особливо для одержання кормових фосфатів, вимагає обов'язкового та спеціалізованого очищення від небажаних домішок, зокрема сполук фтору та миш'яку.

Аналіз існуючих підходів до очищення екстракційної фосфатної кислоти свідчить про те, що процедура знефторення шляхом упарювання отримала значне поширення. Однак цей метод має суттєві недоліки, пов'язані з високими енергетичними витратами та складністю апаратурного оформлення технологічного процесу. Крім того, упарювання часто не забезпечує необхідної глибини очищення розчинів, що згодом призводить до необхідності впровадження другої стадії доочищення, тим самим збільшуючи загальну вартість процесу.

Інші методи очищення також мають свої обмеження. Використання іонообмінних смол не набуло широкого застосування здебільшого через низьку ємність цих матеріалів стосовно фтору, а також через відсутність ефективних і економічно доцільних методів їх регенерації.

Очищення екстракційної фосфатної кислоти за допомогою органічних екстрагентів характеризується технологічною складністю та багатостадійністю. Запровадження цієї технології вимагає будівництва спеціалізованих установок, які за своїми потребами у парі не менші, ніж установки для упарювання кислоти. Додатковим мінусом екстракційних методів є те, що вони забезпечують очищення від всіх присутніх домішок, що може бути надмірним і недоцільним, особливо у випадку виробництва кормових фосфатів.

Серед перспективних методів знефторення розглядається осаджувальний спосіб, який передбачає застосування солей натрію. Проте, вже відомі літературні дані щодо методів осадження солями лужних металів дозволяють досягти співвідношення $P_2O_5 : F$ у діапазоні від 60:1 до 150:1. Цей рівень очищення є недостатнім для отримання продукту, придатного для харчової промисловості. Таким чином, наявної в науковій літературі інформації недостатньо для того, щоб зробити вибір на користь справді ефективного та економічно виправданого методу очищення екстракційної фосфатної кислоти.

Щодо очищення екстракційної фосфатної кислоти від миш'яку, то літературні джерела вказують на значну кількість розроблених методів для фосфатнокислотних розчинів. Досить високу ефективність показує застосування органічних розчинників, а також, хоча і в меншій мірі, використання адсорбентів, поверхнево-активних речовин (ПАР) та іонітів. Ключовими недоліками цих підходів є необхідність регенерації використаних реагентів та їх висока вартість. Найпростішими та найбільш економічними вважаються осаджувальні методи. Зокрема, застосування сульфідів лужноземельних металів є ефективним для очищення екстракційної фосфатної кислоти від миш'яку. Однак, для досягнення кормових кондицій залишкові кількості миш'яку вимагають подальшого вдосконалення відомих на сьогодні способів очищення.

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВІД ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА РУХОМОГО СКЛАДУ

Гармаш Б.К., к.т.н., доцент, Власенко К.Г., Корнієнко А.М.

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Вступ. Залізничний транспорт є одним із ключових елементів транспортної системи держави. Він віднесений до об'єктів критичної інфраструктури, оскільки забезпечує масові перевезення пасажирів і вантажів на значні відстані [1]. Залізничний транспорт характеризується високою пропускнуою здатністю, відносною енергоефективністю та відносно невеликим рівнем шкідливості для довкілля порівняно з автомобільним і авіаційним транспортом [2]. З іншого боку діяльність залізничного транспорту супроводжується цілою низкою екологічних ризиків, які негативно впливають на стан навколишнього середовища.

До основних екологічних питань належать забруднення атмосферного повітря, ґрунтів та водних ресурсів, що виникають під час експлуатації рухомого складу, технічного обслуговування інфраструктури та настання аварійних ситуацій. Особливої актуальності означене питання набуває в умовах мирного та воєнного часу. Відбувається зростання обсягів перевезень, інтенсифікація транспортних потоків, а отже виникає необхідність забезпечення сталого розвитку залізниці.

Мета дослідження. Метою даної роботи є аналіз основних екологічних ризиків, які виникають з боку залізничного транспорту. Зокрема відбувається забруднення повітря, ґрунтів і водних ресурсів. При цьому необхідним є визначення їхнього впливу на навколишнє середовище.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання**: розглянути особливості функціонування залізничного транспорту з екологічної точки зору; проаналізувати основні джерела забруднення повітря, ґрунтів і вод у сфері залізничних перевезень; дослідити вплив рухомого складу на атмосферне повітря; визначити наслідки забруднення ґрунтів у зоні залізничної інфраструктури; оцінити вплив залізничного транспорту на водні ресурси; розглянути основні заходи щодо зменшення екологічних ризиків.

Залізничний транспорт, незважаючи на відносно низький рівень викидів у порівнянні з іншими видами транспорту, все ж є джерелом значного екологічного навантаження на довкілля [3]. Основними джерелами забруднення повітря є в першу чергу дизельні локомотиви, що застосовуються у воєнний час. Вони викидають до атмосферного повітря оксиди азоту, вуглецю, сірки, а також тверді частинки $PM_{2,5}$ та PM_{10} . В мирний час це стосується неелектрифікованих ділянок залізниць, де використання дизельної тяги є основним рішенням. Забруднення атмосферного повітря також виникає внаслідок роботи допоміжного обладнання, проведення ремонтних робіт та при звичайному функціонуванні залізничних станцій. Поблизу великих міст вплив залізничного транспорту на якість повітря може бути подекуди суттєвим, особливо в тих районах, де інтенсивність руху поїздів є найвищою.

Забруднення ґрунтів є ще одним важливим екологічним ризиком. Воно відбувається внаслідок витоків паливно-мастильних матеріалів, хімічних реагентів, використання гербіцидів задля обробки залізничних колій, а також під час осідання шкідливих речовин із повітря на ґрунти. Поступове накопичення важких металів і нафтопродуктів у ґрунті призводить до деградації екосистем, відбувається зниження родючості земель у прилеглих територіях.

Особливу небезпеку становить забруднення залізницею водних ресурсів. Воно може виникати через стікання забруднених вод із залізничних платформ, майстерень, локомотивних депо та станцій технічного обслуговування. Потрапляння нафтопродуктів,

мийних засобів та інших хімічних речовин у водні об'єкти призводить до погіршення якості питної води. Таким засобом чиниться негативний вплив на водні екосистеми.

Окрім того, значні екологічні ризики пов'язані з настанням аварійних ситуацій, таких як сходження вагонів, розлив небезпечних вантажів, пошкодження цистерн із хімічними речовинами при надзвичайній ситуації. У таких випадках відбувається різке забруднення довкілля на обмеженій території, що має довготривалі наслідки [4]. Забруднюючі речовини при таких типах аварій можуть також проникати у ґрунт, підземні та поверхневі води. Це призводить до погіршення якості питної води та негативно впливає на здоров'я населення, що проживає поряд із залізницею. Токсичні випаровування здатні забруднювати атмосферне повітря як короткочасно так на довгий термін, створюючи при цьому небезпеку для флори і фауни в зоні ураження. Відновлення екосистем після подібних інцидентів часто потребує значних фінансових витрат і тривалого часу на знешкодження, а в окремих випадках повне відновлення є взагалі неможливим. Тому особливого значення набувають превентивні заходи, контроль за технічним станом рухомого складу та підвищення загального рівня безпеки під час здійснення перевезень небезпечних вантажів. Для зниження екологічного навантаження з боку залізничного транспорту на довкілля застосовуються різні заходи. Серед них – електрифікація залізниць, експлуатація сучасних екологічно чистих локомотивів, запровадження систем очищення викидів, суворий контроль за станом інфраструктури та регулярний моніторинг стану довкілля. Важливе значення має також правильна організація технічного обслуговування на залізниці та питання утилізації відходів.

Висновки. Залізничний транспорт, попри свою відносну екологічну ефективність, залишається джерелом комплексного впливу на навколишнє середовище. Основними екологічними ризиками при цьому є забруднення атмосферного повітря, ґрунтів і водних ресурсів, що виникає внаслідок експлуатації рухомого складу та інфраструктури. Найбільш значущими факторами впливу є застосування дизельної тяги, витoki паливно-мастильних матеріалів та неправильне поводження з промисловими і технічними відходами.

Зниження негативного впливу залізничного транспорту можливе через запровадження сучасних технологій, підвищення рівня екологічного контролю та модернізації транспортної інфраструктури в цілому. Отже екологічна безпека залізничного транспорту є важливим напрямом сталого розвитку транспортної системи та потребує подальшого вдосконалення.

Література

1. Закон України «Про залізничний транспорт», 273/96-ВР, ред. 31.10.2025 р., <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/273/96-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Ломотько Д.В., Perzyński T., Власенко К.Г. Впровадження екологічно безпечних технологій у залізничній логістиці України Інтелектуальні транспортні технології: матеріали 6-ї Міжнар. наук.- техн. конф. 24–26 листопада, м. Харків, 2025 р. Харків: УкрДУЗТ. С. 130–132.
3. Ahsan N., Hewage K., Razi F., Hussain S.A., Sadiq R. A critical review of sustainable rail technologies based on environmental, economic, social, and technical perspectives to achieve net zero emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2023. Vol.185. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113621> Get rights and content
4. Loik, V., Synelnikov, O., Babadzhanova, O., & Kovalchuk, V. (2021). Оцінювання чинників небезпеки в разі аварій залізничних цистерн зі зрідженими вуглеводневими газами. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2024. С. 91–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.11>

SUPERVISORY ACTIVITIES IN THE FIELD OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY: THE CASE OF SPANISH LEGISLATION

Hryhorieva Yevheniia, PhD Tech, Savytskyi Serhii, Ksonz Mykyta
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv

An analysis of European countries' experience in organizing oversight activities in the field of occupational health and safety will enable Ukrainian practitioners to develop their own approach to regulating this sector.

Purpose of the thesis. The purpose of this thesis is to examine the characteristics of the organization of supervisory activities in the field of occupational health and safety in Spain based on current legislation, as well as to determine the role of state and internal control mechanisms in ensuring safe working conditions and reducing workplace injuries.

Objectives of the thesis. To analyze Spain's regulatory framework in the field of occupational health and safety. To examine the structure and functions of state supervisory bodies, in particular the Labor and Social Security Inspectorate. To investigate the role of a preventive approach in the occupational risk management system. To characterize the activities of risk prevention services (Servicios de Prevención) at the enterprise level. To determine the significance of the interaction between state oversight and internal occupational safety mechanisms. To assess the effectiveness of the Spanish model of oversight in reducing the rate of workplace injuries. The occupational health and safety inspection system in Spain is one of the most structured in the European Union and is based on a comprehensive set of legislative, institutional, and preventive mechanisms. The primary regulatory act in this area is Law 31/1995 on the Prevention of Occupational Risks, Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales [1]. Which establishes the principles for ensuring worker safety, the obligations of employers, and the system for monitoring compliance with occupational safety requirements.

The Spanish Labor and Social Security Inspectorate (Inspección de Trabajo y Seguridad Social) plays a key role in oversight activities related to occupational health and safety [2]. This agency exercises state oversight (monitoring) over compliance with labor legislation, including requirements regarding occupational health and safety. Labor inspectors in Spain have the authority to conduct scheduled and unscheduled inspections of workplaces, as well as to request documentation and interview employees. Furthermore, under current legislation, they have the authority to halt work operations upon identifying occupational risks or threats to human life or health. An important component of the Spanish occupational safety system is the preventive approach to managing occupational risks in the workplace. Its essence lies in the fact that worker safety is not viewed as a reaction to accidents that have already occurred. It is a continuous and systematic process of preventing potential threats as early as the production planning stage.

Under Spanish law, specifically Law 31/1995 on the Prevention of Occupational Risks, employers are required to implement a risk assessment system at every workplace within the company. This involves identifying all likely hazardous and harmful factors, analyzing the probability of their occurrence, and assessing the potential consequences for the health and safety of the workforce. Such an assessment must be conducted not just once or sporadically, but on a regular basis. Particular emphasis is placed on conducting occupational risk assessments when technological processes change, equipment is modernized, or working conditions change. Based on the risk assessment, the employer develops a plan of preventive measures, which includes technical, organizational, and individual protection methods. This may include modernizing equipment, implementing automated safety systems, improving working conditions, training service personnel, and providing personal protective equipment. Particular attention is paid to eliminating risks at their source.

Regular updates to safety measures are a mandatory requirement imposed by government regulatory (supervisory) authorities, as the workplace environment is constantly changing. New technologies, materials, or organizational decisions can create additional unexpected risks that must be addressed in a timely manner. Therefore, the occupational health and safety system in Spain is designed as a dynamic structure capable of constantly adapting to new conditions. Thus, supervisory activities in the Spanish model under study have not only a supervisory (control) function but also a preventive nature. The primary focus is not on punishing violations, but on preventing hazardous situations before they occur. This allows for a significant reduction in the rate of workplace injuries. In this way, a safety culture is fostered, where the priority is the preservation of the lives and health of the workforce.

The National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, INSST) plays a key role in this regard. It provides scientific, analytical, and methodological support for the occupational safety and health system in Spain [3]. The Institute develops recommendations and conducts research on occupational and workplace risks. In addition, it analyzes injury statistics. The work of the National Institute for Occupational Safety and Health in Spain contributes to the implementation of modern safety standards at the country's enterprises. At the enterprise level in Spain, a significant portion of the responsibility for ensuring occupational safety and health rests directly with employers. In accordance with Law 31/1995 "On the Prevention of Occupational Risks," the employer is required to establish an effective occupational safety management system, which must also be commensurate with the size of the enterprise, the nature of production, and the level of identified occupational risks. To fulfill these obligations, companies may establish internal occupational safety and health departments or engage external expert organizations – known as *Servicios de Prevención*. These services are accredited specialized entities that have obtained the necessary licenses and expertise to conduct risk assessments, develop preventive measures, and monitor their implementation. These expert organizations can be either fully external or hybrid, where some functions are performed within the company itself, while others are outsourced to specialized organizations. The primary functions of such expert services include the regular monitoring of working conditions within the organization. This monitoring involves inspecting the condition of the work environment, the condition of existing equipment, noise levels, vibrations, the presence of hazardous substances, and other potentially dangerous factors. In addition, they ensure that employees comply with safety regulations and use personal protective equipment. Another important aspect of their work is staff training. Employees undergo mandatory briefings and training on safe work practices, following procedures during accidents and emergencies, and the proper use of equipment. This helps raise awareness and foster a safety culture within the company. Thus, internal occupational safety services and *Servicios de Prevención* play a key role in the practical implementation of current legislation in Spain. Their activities ensure a systematic approach to risk management, timely identification of hazards, and an overall improvement in workplace safety at companies.

Conclusions. Regulatory activities in Spain are characterized by a multi-level control system that combines state oversight, scientific and methodological support, and internal control at enterprises. This approach effectively reduces workplace injury rates, enhances the culture of occupational safety, and ensures the stable development of industrial safety in accordance with modern European standards.

References:

1. Todo sobre la Ley de Prevención de Riesgos Laborales: веб-сайт. <https://www.ceiprevencion.net/noticias/item/122-ley-de-prevencion-de-riesgos-laborales>
2. Strategic Plan of the Labour and Social Security Inspectorate (2025-2027). <https://oeitss.gob.es/en/informacion-y-normativa/documentacion/documentacion-de-interes>
3. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://www.insst.es/>

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ДІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН У ПОБУТІ ТА ВИРОБНИЧОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Катковнікова Л.А., к.т.н., доцент, Масалітіна Г.І., Войтов І.В.

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Вступ. Сучасне суспільство характеризується повсюдним використанням хімічних речовин як у промисловому виробництві, так і в побуті [1]. Хімічні речовини як невід’ємна складова технологічних процесів, забезпечують ефективність виробництва, підвищують якість продукції та спрощують життя людини. Водночас значна частина хімічних сполук відноситься до токсичних речовин, які при накопиченні становлять серйозну загрозу для здоров’я людей, стану навколишнього середовища та задля безпеки виробничих процесів [2]. Особливої актуальності дане питання набуває у зв’язку з швидким зростанням хімічної промисловості, збільшенням обсягів використання побутової хімії та недостатнім рівнем обізнаності населення щодо правил безпечного поводження з означеними небезпечними речовинами. Неналежне зберігання, транспортування або використання хімічних речовин у підсумку може призводити до гострих отруєнь, хронічних захворювань, а також екологічних катастроф і аварій техногенного характеру [3]. У зв’язку з цим вивчення хімічних небезпек у побуті та на виробництві є важливим напрямом для забезпечення безпеки життєдіяльності, охорони праці та екологічної безпеки.

Мета дослідження. Метою даної роботи є аналіз хімічних небезпек, пов’язаних із присутністю токсичних речовин у побуті та на виробництві, а також визначення основних ризиків їхнього впливу на людину і довкілля.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання, як необхідність розкрити сутність поняття «токсичні речовини» та коротко навести їх класифікацію; проаналізувати основні джерела хімічних небезпек у побуті; дослідити особливості застосування токсичних речовин на виробництві; визначити основні ланцюги потрапляння токсичних речовин до організму людини; оцінити наслідки впливу токсичних речовин на здоров’я людини та довкілля; розглянути основні заходи щодо профілактики надходження у середовище життєдіяльності людини та зниження рівня хімічних ризиків.

Токсичні речовини – це хімічні сполуки, які при потраплянні в організм людини навіть у малих дозах можуть викликати порушення функцій органів і систем, отруєння або призвести до летальних наслідків [4]. Вони можуть мати різну природу: органічну, неорганічну або синтетичну.

У побуті токсичні речовини найчастіше містяться у засобах для очищення, мийних засобах, аерозолях, фарбах, лаках, інсектицидах та інших продуктах побутової хімії. Небезпека виникає при неправильному використанні, неконтрольованому змішуванні різних засобів або порушенні умов їх зберігання. Особливо небезпечними є летючі сполуки, які можуть потрапляти в організм через дихальні шляхи і здатні до накопичення.

На виробництві токсичні речовини широко застосовуються у хімічній, металургійній, фармацевтичній, нафтогазовій та інших промисловостях. До них належать такі сполуки як аміак, хлор, сірководень, бензол, формальдегід тощо. Перелічені речовини використовуються у технологічних процесах, але при порушенні герметичності устаткування або під час настання аварій можуть становити серйозну загрозу.

Основними шляхами потрапляння токсичних речовин до організму людини є інгаляційний (через дихальні шляхи), пероральний (через систему травлення), контактний (через шкірний покрив). Найбільш небезпечним засобом надходження серед наведених є інгаляційний шлях. Токсичні гази швидко всмоктуються в кров і таким чином впливають на життєво важливі органи.

Розрізняють гострий або хронічний вплив токсичних речовин на організм людини. Гостре отруєння виникає при короточасному впливі дуже високих концентрацій, який може супроводжуватись втратою свідомості, порушенням дихання, виникненням судом. Хронічний вплив напряду пов'язаний із тривалим контактом із малими дозами токсичних речовин і може призводити до розвитку онкологічних, неврологічних та аналогічного типу захворювань.

Особливу небезпеку становить накопичувальний (кумулятивний) ефект деяких токсичних речовин, які поступово концентруються в організмі людини та викликають на клітинному рівні незворотні зміни. Окрім впливу на здоров'я людини, токсичні речовини негативно впливають на цілі екосистеми, забруднюючи при цьому повітря, воду та ґрунти.

З метою зниження рівня хімічних ризиків необхідно запроваджувати комплексні заходи безпеки, які включають до себе використання засобів індивідуального захисту, автоматизованих систем контролю, зведення вентиляційних систем, а також суворе дотримання інструкцій з безпеки та охорони праці. Важливу роль при цьому відіграє також інформування населення щодо правил безпечного поводження з побутовою хімією.

Висновки. З огляду на вищенаведене можна зробити висновки про те, що токсичні речовини є одним із основних джерел хімічної небезпеки як у побуті, так і на виробництві. Їх негативний вплив має прояв у порушенні функцій організму людини, розвитку гострих і хронічних захворювань, а також у забрудненні навколишнього середовища.

Ефективне запобігання хімічним ризикам можливе лише за умови комплексного підходу, який включатиме технічні, організаційні та інформаційні заходи. Важливе значення має дотримання правил безпеки, використання захисних засобів та підвищення рівня обізнаності населення щодо небезпеки з боку токсичних речовин. А сама проблема хімічних небезпек залишається актуальною і потребує постійної уваги з боку як державних органів, так і кожної окремої людини.

Література

1. Екологічна токсикологія: навч. посібник / В.К. Пузік, В.В. Волощенко, Є.А. Криштоп та ін. – Х.: ХНАУ, 2016. – 349 с.
2. Смірнова О. В., Шаповалов М. С. токсичні хімічні сполуки та їхній вплив на організм людини Вісник Вінницького національного медичного університету”, 2024, Т. 28, №3 [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2024-28\(3\)-30](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2024-28(3)-30)
3. Національний огляд поточної ситуації в галузі управління біоцидами в Україні / А.М. Сердюк, Н.С. Полька, А.В. Коблянська та ін. - Київ : МВЦ «Медінформ», 2017.
4. Gad S.C. Analytical Toxicology. Encyclopedia of Toxicology (Third Edition), 2014. Pp. 223-225. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00812-5>

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ЕКСТРУДЕРОМ У ВИРОБНИЦТВІ ПЛАСТИКОВИХ ВИРОБІВ

Конюшенко О.В., Купіна О.А.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Київ, Україна

У сучасній промисловості виробництво пластикових виробів займає важливе місце завдяки широкому застосуванню полімерних матеріалів у будівництві, машинобудуванні, пакувальній галузі, електротехніці та побутовому секторі. Одним із найбільш поширених видів технологічного обладнання для переробки полімерів є екструдер, за допомогою якого здійснюється безперервне формування пластикових виробів заданого профілю, плівки, труб, листів або гранул. Якість готової продукції та ефективність виробничого процесу значною мірою визначаються стабільністю технологічних параметрів екструзії, що обумовлює актуальність автоматизації процесів управління екструдером.

Екструдер як об'єкт автоматизації характеризується складністю, багатопараметричністю та наявністю взаємопов'язаних технологічних режимів. У процесі роботи необхідно забезпечувати стабільне дозування сировини, підтримання температури в окремих зонах циліндра, регулювання швидкості обертання шнека, контроль тиску розплаву, стабілізацію швидкості витягування виробу та узгодження роботи допоміжних вузлів. Відхилення хоча б одного з цих параметрів може призвести до погіршення якості виробу, нерівномірності геометричних розмірів, появи внутрішніх дефектів, перевитрати енергії та збільшення кількості браку.

Метою роботи є обґрунтування підходів до автоматизації процесів управління екструдером у виробництві пластикових виробів на основі використання програмованого логічного контролера, системи датчиків, виконавчих механізмів та сучасних засобів візуалізації і диспетчерського контролю.

Основними технологічними параметрами, які підлягають контролю та регулюванню, є температура нагрівальних зон циліндра, температура екструзійної головки, тиск розплаву, частота обертання шнека, швидкість подачі сировини, продуктивність екструдера та параметри охолодження готового виробу. Найбільш важливими збуреннями виступають зміна властивостей полімерної сировини, коливання вологості матеріалу, зміна в'язкості розплаву, нестабільність живлення та нерівномірність подачі грануляту. У зв'язку з цим система керування повинна не лише підтримувати задані режими, а й оперативно реагувати на зміну умов процесу.

Запропонована автоматизована система керування екструдером може будуватися на базі PLC-контролера, до якого підключаються датчики температури, тиску, швидкості, рівня завантаження сировини та інші первинні перетворювачі. Контролер здійснює збір і обробку інформації, реалізує алгоритми регулювання та формує керуючі сигнали на нагрівальні елементи, привід шнека, дозатор сировини, вентилятори охолодження та інші виконавчі механізми. Для взаємодії оператора з системою доцільно використовувати НМІ-панель або SCADA-систему, що дозволяє контролювати параметри процесу, змінювати уставки, вести архів даних і фіксувати аварійні ситуації.

Така схема наочно відображає взаємодію між технологічним об'єктом, вимірювальною підсистемою, керуючим пристроєм та виконавчими елементами.

Одним із ключових завдань автоматизації є стабілізація температурного профілю екструдера. Оскільки полімерний матеріал проходить через декілька функціональних зон, у кожній із них необхідно підтримувати відповідний температурний режим для забезпечення якісного плавлення, гомогенізації та формування виробу. Недостатній нагрів призводить до неповного плавлення матеріалу, а надмірний — до термічного руйнування полімеру. Тому

використання автоматичних регуляторів температури дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу та підвищити якість продукції.



Рисунок — Структурна схема автоматизованої системи керування екструдером у виробництві пластикових виробів.

Не менш важливим є керування швидкістю обертання шнека, оскільки саме цей параметр суттєво впливає на продуктивність екструдера, тиск розплаву та геометричні характеристики виробу. Регулювання швидкості приводу за допомогою частотного перетворювача забезпечує плавну зміну режиму роботи, зменшує механічні навантаження на обладнання та сприяє енергозбереженню. За необхідності система може реалізовувати погоджене керування між швидкістю подачі сировини та обертанням шнека, що дозволяє уникати перевантаження обладнання та підвищує стабільність екструзійного процесу.

Важливою перевагою комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації є можливість реалізації функцій діагностики, сигналізації та аварійного захисту. У разі перевищення допустимого тиску розплаву, перегріву зон нагріву, відмови датчиків або зупинки допоміжних механізмів система повинна формувати попереджувальні повідомлення або виконувати безпечне відключення обладнання. Це підвищує надійність роботи екструдера, зменшує ризик пошкодження обладнання та забезпечує безпечні умови експлуатації.

Дослідження системи автоматизації екструдера може включати побудову математичної моделі технологічного процесу, аналіз динамічних характеристик окремих каналів керування, визначення основних збурень та оптимальних параметрів регуляторів. Зокрема, температурні контури можуть розглядатися як інерційні об'єкти з запізненням, а процес формування тиску та продуктивності — як динамічні канали зі складними взаємозв'язками. Отримані результати можуть бути використані для підвищення точності регулювання та вдосконалення алгоритмів керування.

Таким чином, автоматизація процесів управління екструдером у виробництві пластикових виробів є важливим напрямом підвищення ефективності полімерного виробництва. Використання програмованих логічних контролерів, сучасних датчиків, частотних приводів та засобів візуалізації дозволяє забезпечити стабільність технологічного режиму, підвищити якість готової продукції, зменшити енерговитрати, скоротити кількість браку та створити основу для подальшої цифровізації виробництва.

ЦИФРОВІ РІШЕННЯ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ СТУДЕНТІВ ПЕРШОГО КУРСУ ТА ПРОФІЛАКТИКИ ВИГОРАННЯ

Андрійченко А.А., Сотнікова Т.Г., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Київ, Україна

Перехід від шкільної до університетської системи навчання є складним адаптаційним етапом, що супроводжується зростанням академічного навантаження, підвищенням рівня особистої відповідальності та необхідністю формування нових навичок самоорганізації. Для студентів першого курсу цей період пов'язаний не лише з опануванням значного обсягу навчальної інформації, а й із потребою самостійно планувати освітню діяльність, поєднувати навчання з особистим часом, контролювати виконання завдань і своєчасно реагувати на дедлайни. Недостатній рівень сформованості навичок саморегуляції може призводити до перевантаження, зниження навчальної мотивації, погіршення концентрації уваги та виникнення ознак емоційного виснаження.

Особливу значущість ця проблема набуває з огляду на вікові особливості студентів першого курсу. Період 17–19 років характеризується активним розвитком механізмів саморегуляції, вольового контролю, довгострокового планування та емоційної стійкості. Оскільки ці психологічні механізми ще перебувають у процесі формування, першокурсники можуть гостріше реагувати на зміну освітнього середовища, підвищені вимоги та зовнішні стресові чинники. Унаслідок цього виникає суперечність між високими академічними стандартами університетського навчання та наявними когнітивними й психоемоційними ресурсами студента.

В умовах України зазначена проблема ускладнюється впливом воєнних дій, які створюють додаткове психологічне навантаження на молодь. Тривожність, нестабільність зовнішнього середовища, порушення режиму сну, зниження концентрації уваги та загальне емоційне напруження негативно впливають на академічну успішність і психоемоційне благополуччя студентів. За таких умов особливої актуальності набуває пошук ефективних інструментів підтримки першокурсників у процесі адаптації до університетського навчання.

Суттєвою проблемою є відсутність достатньо дієвих цифрових засобів, які б поєднували планування освітнього процесу з урахуванням психоемоційного стану здобувача освіти. Наявні цифрові сервіси, зокрема календарі, планери та системи керування завданнями, переважно орієнтовані на фіксацію дедлайнів і систематизацію навчальних активностей. Водночас вони не забезпечують гнучкого коригування навантаження відповідно до рівня стресу, втоми, суб'єктивного самопочуття та поточного рівня ресурсності студента. Це обмежує їхню ефективність як інструментів комплексної підтримки навчальної адаптації.

Для розв'язання окресленої проблеми пропонується розробка цифрової інтелектуальної платформи UniCare, орієнтованої на підтримку студентів першого курсу в процесі адаптації до університетського середовища. Основна ідея платформи полягає у поєднанні функцій планування навчальної діяльності з моніторингом психоемоційного стану користувача. На основі аналізу поточної завантаженості, кількості навчальних завдань, часових обмежень, дедлайнів та суб'єктивної оцінки самопочуття система може формувати персоналізовані рекомендації щодо розподілу навчального навантаження.

Ключовою перевагою запропонованого сервісу є використання механізмів динамічного планування, які дозволяють адаптувати навчальний графік до реального стану студента. У разі підвищеного рівня втоми або стресу платформа може рекомендувати більш рівномірний розподіл завдань, зміну пріоритетності навчальних активностей, включення коротких перерв або перегляд інтенсивності роботи. Такий підхід сприяє не лише зниженню

психоемоційного напруження, а й формуванню навичок саморегуляції, відповідального планування та усвідомленого ставлення до навчального процесу.

Запропоноване рішення має практичне значення для підвищення ефективності адаптації студентів першого курсу, оскільки поєднує освітні, психологічні та цифрові інструменти підтримки. Використання платформи UniCare може сприяти зниженню ризику емоційного вигорання, підвищенню академічної продуктивності, покращенню самоорганізації та створенню більш комфортних умов для входження студента в університетське середовище. Таким чином, інтеграція інтелектуальних ІТ-рішень в освітній простір є перспективним напрямом розвитку сучасної системи підтримки студентської молоді, особливо в умовах підвищених соціальних, психологічних та освітніх викликів.

Література

1. Міністерство освіти і науки України. Вплив війни на освітній процес: аналітичний звіт, 2023.

2. «Ти Як?». Розвиток підлітків та психоемоційні особливості (освітній курс) 2026.

3. Американська асоціація з питань охорони здоров'я у вищих навчальних закладах. Національне оцінювання стану здоров'я студентів вищих навчальних закладів III: Виконавчий звіт щодо репрезентативної групи студентів бакалаврату, 2022. / American College Health Association. National College Health Assessment III: Undergraduate Student Reference Group Executive Summary, 2022.

ПОТЕНЦІЙНІ НЕБЕЗПЕКИ В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА–МАШИНА» ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ У ВИРОБНИЦТВО

Сухоруков Ю.Г., Грищенко О.А., Григор'єва Є.С., к.т.н.

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Вступ. Життєдіяльність сучасного суспільства та окремої людини сьогодні значною мірою базується на інформаційних взаємовідносинах, що здійснюються з використанням сучасної електронної техніки [1]. Комп'ютери, смартфони, мережеві системи та інші цифрові пристрої стали невід'ємною частиною повсякденного життя, забезпечуючи швидкий доступ до інформації, комунікацію та управління різними процесами. Уніфікація електронних пристроїв сприяє стрімкому розвитку інформаційних технологій, які інтегруються у всі сфери діяльності людини – від освіти та медицини до промисловості та транспорту. Особливого значення при цьому набуває запровадження автономних мобільних роботів, які функціонують на основі сучасних інформаційних систем і штучного інтелекту (ШІ). Такі роботи здатні самостійно виконувати складні завдання, аналізувати навколишнє середовище та приймати рішення без постійного нагляду з боку людини. У сутності, це відкриває нові можливості для автоматизації виробництва, підвищення ефективності праці та зменшення впливу людського фактора. Поступово поєднання інформаційних технологій та робототехніки формує новий етап розвитку суспільства, де цифрові системи стають основою взаємодії людини з навколишнім світом. До того ж, стрімкий розвиток цифрових технологій, автоматизації та робототехніки зумовив активне запровадження автономних мобільних роботів на залізниці, у різних галузях промисловості, до процесів логістики та сервісу. Такі системи створені здатними самостійно виконувати складні завдання, адаптуватися до середовища та взаємодіяти з людиною без сталого контролю. Водночас інтеграція автономних мобільних роботів у виробничі процеси суттєво трансформує класичну систему «людина–машина», підвищуючи і подекуди суттєво її складність, створюючи нові види ризиків [2]. У цих умовах особливої актуальності набуває питання ідентифікації та аналізу потенційних небезпек, що виникатимуть при взаємодії людини та автономних мобільних роботів.

Мета дослідження. Метою даної роботи є аналіз потенційних небезпек у системі «людина–машина», що виникатимуть при застосуванні автономних мобільних роботів, а також визначення основних напрямів щодо підвищення безпеки їхньої експлуатації.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання, як-от: розкрити сутність і структуру системи «людина–машина» в заданих умовах; дослідити особливості функціонування автономних мобільних роботів; визначити основні види потенційних небезпек, що виникають при їхньому застосуванні; встановити наявність впливу людського фактора на рівень безпеки та проаналізувати його; обґрунтувати заходи щодо зниження ризиків і підвищення ефективності взаємодії працівника та роботизованих систем.

Система «людина–машина» є складною соціотехнічною системою, де людина виконує функції управління, контролю та прийняття рішень, а машина реалізує задані технічні операції. З розвитком автономних мобільних роботів відбувається часткове або повне передання функцій управління до технічних систем, що суттєво змінюють роль людини – від безпосереднього оператора до наглядача (координатора) [3]. Це зумовлює появу нових ризиків, пов'язаних із недостатнім контролем всієї системи, а також потенційною непередбачуваністю поведінки роботів.

Автономні мобільні роботи за своїм призначенням створені здатними до самостійної навігації, прийняття поточних рішень у реальному часі та взаємодії з навколишнім середовищем на основі вбудованих сенсорних систем і алгоритмів ШІ. Такі роботи все більше застосовуються на виробництві, у складській логістиці, у сфері медицині тощо. Проте їхня автономність створює ризик виникнення небезпечних ситуацій через помилки програмного забезпечення, некоректну обробку даних або технічні збої. Однією з основних груп небезпек, наявних в досліджуваній системі, є механічні ризики. Вони пов'язані з вірогідністю зіткнення роботів із працівниками чи оточуючи устаткуванням. Незважаючи на вбудовані датчики і системи уникнення перешкод, повністю виключити такі ситуації поки неможливо. Іншою категорією потенційних небезпек є технічні небезпеки. Це відмови устаткування, збої в роботі сенсорів, втрата зв'язку з роботом або нестабільне енергопостачання. Суттєву роль відіграють інформаційні ризики. Найчастіше вони пов'язані з використанням програмного забезпечення та системою обробки даних. Помилки в алгоритмах, кібератаки, несанкціонований доступ до системи управління можуть призвести до неконтрольованої поведінки роботів і, внаслідок цього, створення аварійних ситуацій. Таким чином, забезпечення кібербезпеки та надійності програмних рішень обов'язково мають бути включені як заходи щодо зниження ризиків у таких системах. Особливу увагу також необхідно приділити людському фактору. Недостатній рівень підготовки виробничого персоналу, неправильне розуміння принципів роботи автономних систем, а також зниження пильності через надмірну довіру до технічних засобів можуть призвести до помилок при взаємодії з автономними мобільними роботами. До того ж, психологічні аспекти (стрес, страх перед новими технологіями) також впливають на безпеку праці у системі взаємодії людини і робота.

Для для зниження рівня ризиків необхідно застосовувати у поєднанні технічні, організаційні та навчальні заходи для забезпечення безпеки. До технічних заходів можна віднести застосування систем безпеки (наприклад, аварійна зупинка, обмеження швидкості пересування, зонування робочого простору, запровадження надійних алгоритмів управління роботами). Організаційні заходи включають до себе розроблення інструкцій, регламентів і стандартів експлуатації, а також проведення регулярного контролю стану устаткування. Навчальні заходи можуть спрямовуватись на підвищення кваліфікації персоналу та формування культури безпеки на підприємстві. Перспективи розвитку систем «людина–машина» наряду пов'язані з удосконаленням технологій ШІ, підвищенням рівня

автономності мобільних роботів, їхньою інтеграцією у єдині цифрові платформи. Але це потребуватиме постійного вдосконалення підходів до управління ризиками в таких системах та адаптації нормативної бази до нових виробничих умов.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що впровадження автономних мобільних роботів суттєво змінить структуру системи «людина–машина» і супроводжуватиметься появою нових потенційних небезпек. До переліку основних небезпек можна віднести механічні, технічні, інформаційні ризики, а також ризики, пов’язані з людським фактором. Ефективне забезпечення безпеки можливе тільки за умови комплексного підходу, що поєднує в собі сучасні технічні рішення, належну організацію роботи та високий рівень підготовки виробничого персоналу. Подальший розвиток робототехніки вимагатиме системного вдосконалення методів аналізу ризиків і створення адаптивних систем управління безпекою. Це дозволить забезпечити надійну та безпечну взаємодію людини та автономних мобільних роботів у майбутньому.

Література

1. Hryhorieva Ye.S, Sapehina I.O., Cnernolohov R.O., Knysh V.M. Information security of society. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14–17 травня 2025 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків : НТУ «ХПІ». 669 с.
2. Xiang Zhao, Thiagarajan Chidambareswaran. Autonomous Mobile Robots in Manufacturing Operations. 2023 IEEE 19th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) 26-30 August 2023, Auckland, New Zealand. Publisher: IEEE. <https://doi.org/10.1109/CASE56687.2023.10260631>
3. TechDispatch #2/2025 - Human Oversight of Automated Decision-Making. European Data Protection Supervisor. https://www.edps.europa.eu/data-protection/our-work/publications/techdispatch/2025-09-23-techdispatch-22025-human-oversight-automated-making_en

КОМП’ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ВИПАРНОЮ УСТАНОВКОЮ

Амерхамов Т.І., Лорія М.Г. д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Дала

У сучасних умовах розвитку автоматизації технологічних процесів важливим завданням є підготовка фахівців, які здатні не лише опрацьовувати теоретичні положення автоматичного керування, а й досліджувати роботу технологічних об’єктів у комп’ютерно-інтегрованому середовищі. Особливої актуальності це набуває під час створення лабораторних робіт, орієнтованих на поєднання математичного моделювання, імітаційного експерименту, аналізу перехідних процесів і візуалізації параметрів технологічного процесу. У цьому контексті випарна установка є зручним навчально-дослідним об’єктом, оскільки її робота пов’язана зі зміною рівня, температури, витрати, концентрації розчину та дією зовнішніх збурень. Майбутнє дисертаційне дослідження передбачає розробку технічного проєкту комп’ютерно-інтегрованих лабораторних робіт на прикладі випарної установки. У межах конференційних тез доцільно розглянути саме підхід до побудови такого лабораторного практикуму, де випарна установка подається як об’єкт автоматичного регулювання. Основна увага приділяється формуванню структури лабораторної роботи, визначенню вхідних, вихідних і збурювальних параметрів, побудові моделі об’єкта та аналізу якості регулювання.

Випарна установка як об’єкт керування характеризується інерційністю, наявністю запізнення та взаємним впливом технологічних параметрів. Регульованою величиною може

бути рівень упареного розчину в апараті, а керувальною дією — зміна положення регулюючого клапана або витрати відведення готового продукту. До основних збурень можна віднести зміну витрати вихідного розчину, коливання температури теплоносія, зміну концентрації сировини та нестабільність процесу теплообміну. Саме ці особливості роблять випарну установку придатною для створення лабораторної роботи, у якій студент або дослідник може простежити повний цикл дослідження системи керування: від опису технологічного процесу до аналізу перехідного процесу.

У комп'ютерно-інтегрованому лабораторному практикумі доцільно передбачити використання математичної моделі випарної установки, структурної схеми системи автоматичного регулювання, імітаційного середовища для дослідження динаміки об'єкта та засобів візуалізації результатів. Така лабораторна робота може включати дослідження реакції системи на зміну завдання, оцінювання впливу збурень, порівняння роботи системи без регулятора та з ПІ- або ПІД-регулятором, а також аналіз показників якості керування. Основними критеріями можуть бути час регулювання, перерегулювання, статична похибка та стійкість системи.

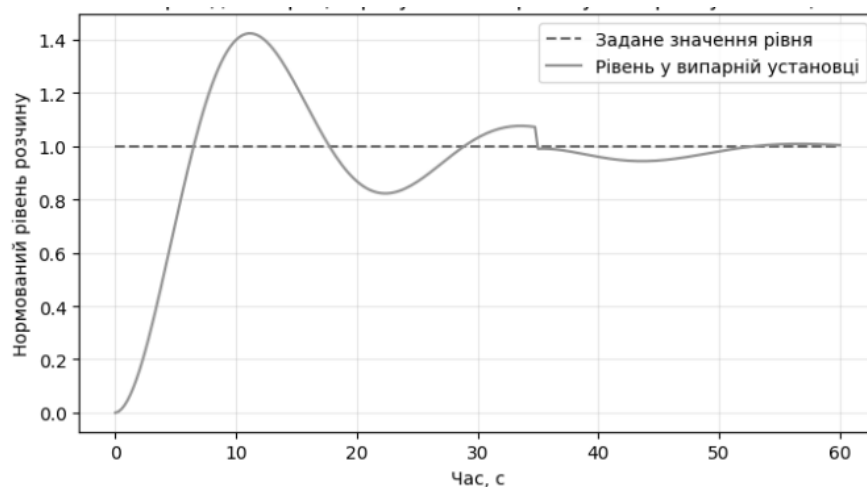


Рисунок — Перехідний процес регулювання рівня у випарній установці

На рисунку доцільно показати зміну нормованого рівня розчину в часі після подання керувальної дії або після появи збурення. По осі абсцис відкладається час, с, а по осі ординат — нормоване значення рівня розчину. Такий графік дозволяє наочно оцінити динамічні властивості системи керування: швидкість виходу на заданий режим, наявність перерегулювання та здатність системи компенсувати збурення.

Я зробив приклад графіка, його можна вставити в тези або презентацію: Завантажити графік

Отримані результати можуть бути використані для побудови навчального лабораторного комплексу, який поєднує технологічну схему, модель об'єкта, алгоритм керування та засоби комп'ютерної візуалізації. Практична цінність такого підходу полягає в тому, що лабораторна робота перестає бути лише розрахунковим завданням і наближається до реального інженерного дослідження. Здобувач має можливість не тільки виконати моделювання, а й зрозуміти, як зміна параметрів об'єкта або налаштувань регулятора впливає на поведінку всієї системи.

Таким чином, розробка комп'ютерно-інтегрованого лабораторного практикуму на прикладі випарної установки є актуальним напрямом для поєднання освітніх, інженерних і науково-дослідних завдань. Запропонований підхід може бути основою для подальшого дисертаційного дослідження, спрямованого на створення технічного проєкту лабораторних робіт, удосконалення методики їх виконання та підвищення якості підготовки фахівців у галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих систем керування.

СУЧАСНІ ІНЖЕНЕРНІ ПІДХОДИ ДО ЗНИЖЕННЯ АНТРОПОГЕННИХ РИЗИКІВ У ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ

Таразанов Ю.А., Молчанов Б.Д., Катковнікова Л.А., к.т.н., доцент
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Вступ. У сучасних умовах розвитку промисловості та запровадження складних соціотехнічних систем зростає одночасно рівень антропогенних ризиків, пов'язаних із діяльністю людини у виробничому середовищі [1]. Антропогенні ризики включають до себе імовірність виникнення аварій, настання техногенних катастроф, виникнення виробничих травм. Вони мають негативний вплив на навколишнє середовище внаслідок людської діяльності, а також виникнення помилок при роботі технічних систем.

Одним із найефективніших напрямів зниження таких ризиків є застосування інженерно-технічних методів, зокрема модернізації устаткування [2]. Сучасні технології дозволяють підвищити рівень автоматизації виробничих процесів, зменшити вплив з боку людського фактора та забезпечити більш високий рівень безпеки на виробництві. У зв'язку з цим питання вдосконалення соціотехнічних систем і створення інноваційного обладнання є надзвичайно актуальним для всіх галузей промисловості.

Мета дослідження. Метою даної роботи є аналіз інженерно-технічних методів для зниження антропогенних ризиків через модернізацію обладнання та визначення їхнього впливу на підвищення рівня безпеки виробничих процесів.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- a) розкрити сутність поняття «антропогенні ризики» у виробничій діяльності;
- b) проаналізувати основні причини виникнення техногенних аварій, пов'язаних із людським фактором;
- c) дослідити роль інженерно-технічних методів у зниженні рівня ризиків;
- d) визначити основні напрями модернізації виробничого обладнання;
- e) оцінити ефективність автоматизації та цифровізації технологічних процесів;
- f) сформулювати основні переваги впровадження сучасних технічних рішень для підвищення безпеки.

Антропогенні ризики у виробничій сфері є результатом взаємодії людини з технічними системами, де імовірність виникнення помилок в управлінні є поки стабільно високою, може бути недостатня кваліфікація персоналу або визначально недосконалість устаткування. Найчастіше такі ризики мають прояв у вигляді аварій, відмов, витоків небезпечних речовин, пожеж або вибухів.

Інженерно-технічні методи зниження ризиків передбачають цілий комплекс заходів, спрямованих на удосконалення соціотехнічних систем, підвищення їхньої надійності та безпеки в цілому. Одним із ключових напрямів на цьому шляху є модернізація обладнання, яка включає заміну застарілих технологій на сучасні автоматизовані системи, запровадження цифрового контролю та використання сучасних інтелектуальних систем управління.

Зараз виробниче обладнання оснащується датчиками контролю за параметрами, системами аварійного відключення, автоматичними системами діагностики та системами прогнозування несправностей. Це дозволяє своєчасно виявити наявність відхилення у роботі та запобігти виникненню аварійних ситуацій.

Важливим напрямом модернізації устаткування є запровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами, які зменшують необхідність прямого втручання людини у небезпечні процеси. Такі заходи значно знижують ймовірність помилок, пов'язаних із людським фактором.

Також значну роль відіграє застосування роботизованих систем, які виконують небезпечні або монотонні операції замість людини-оператора. Це дозволяє не лише підвищити продуктивність, але й мінімізувати ризик виникнення виробничого травматизму.

Цифровізація виробництва та впровадження технологій «Індустрії 4.0» сприяють створенню «розумних» виробничих систем, здатних до самоконтролю, аналізу даних і прогнозування потенційних небезпек [3]. Це забезпечує перехід від консервативного до ризик-орієнтованого підходу при управлінні ризиками.

Окрему увагу необхідно приділити технічному обслуговуванню та своєчасній модернізації обладнання. Регулярна діагностика дозволяє своєчасно виявляти зношені елементи системи та запобігати їхньому виходу з ладу. Використання сучасних матеріалів і технологій підвищує довговічність обладнання та зменшує ймовірність аварій.

Ефективність інженерно-технічних методів також залежить від інтеграції систем безпеки, таких як пожежна сигналізація, системи контролю доступу, моніторинг навколишнього середовища та автоматичні системи блокування небезпечних процесів.

Висновки. Безумовно, антропогенні ризики є невід'ємною частиною сучасного виробничого середовища. Вони потребують системного підходу щодо зниження. Інженерно-технічні методи, зокрема модернізація обладнання, є одним із найефективніших інструментів підвищення рівня безпеки. Впровадження сучасних автоматизованих систем, цифрових технологій та роботизованого обладнання дозволить значно зменшити вплив людського фактора, підвищити надійність технологічних процесів та мінімізувати ймовірність виникнення аварій.

Отже, модернізація виробничого обладнання є ключовим напрямом розвитку безпечного виробництва, що забезпечуватиме не лише підвищення ефективності, але й збереження життя та здоров'я працівників, а також зменшення антропогенного навантаження на довкілля.

Література

1. Gebremeskel G.H., Qihong Tang, Siao Sun, Zhongwei Huang, Xuejun Zhang, Xingcai Liu. Droughts in East Africa: Causes, impacts and resilience. *Earth-Science Reviews*, 2019. Vol.193. Pp. 146–161. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.04.015>
2. Dana Procházková. Chapter 7 - The Human Factor and Its Handling. *Advances in Intelligent Vehicles*, 2014. Pp. 199–223. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397199-9.00007-0>
3. Корцеллі-Олейнічак Є. К., Казьмір Л. П. Цифровізація промислових систем: концептуальна сутність та ключові чинники. *Регіональна економіка* 2021, №4. С. 57–66. <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2021-4-7>

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ГІБРИДИЗАЦІЇ ПРЕДИКТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ З ОЦІНКИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РИЗИКІВ

Шведов Д.С., Рудніченко М.Д., к.т.н., доцент

Національний університет «Одеська політехніка»

У сучасному інвестиційному середовищі, яке характеризується високим рівнем невизначеності, нестабільністю фінансових ринків та швидким зростанням обсягів економічної інформації, особливої актуальності набуває розробка ефективних методів прогнозування інвестиційних ризиків [1].

Традиційні економетричні моделі, що тривалий час використовувалися для оцінки ризиків, поступово втрачають свою ефективність унаслідок обмеженої здатності відображати складні нелінійні залежності між фінансовими показниками [2].

У зв'язку з цим сучасні дослідження дедалі частіше орієнтуються на використання моделей глибинного навчання, які здатні автоматично виявляти приховані закономірності у великих масивах даних. Водночас окремі моделі глибинного навчання мають власні обмеження, що зумовлює необхідність застосування гібридних підходів, які поєднують переваги різних методів прогнозування [3].

Метою дослідження є аналіз перспективних методів гібридизації предиктивних моделей глибинного навчання, які застосовуються для оцінювання інвестиційних ризиків у сучасних фінансових системах. Особливу увагу приділено дослідженню підходів, що передбачають інтеграцію різних типів нейронних мереж, а також поєднання алгоритмів глибинного навчання з класичними методами економічного аналізу та машинного навчання.

Одним із найбільш поширених напрямів гібридизації є комбінування різних архітектур нейронних мереж для обробки фінансових часових рядів. Наприклад, поєднання згорткових нейронних мереж із рекурентними моделями дозволяє одночасно враховувати локальні закономірності у структурі фінансових даних і довгострокові часові залежності між показниками.

У сучасних дослідженнях застосовуються комбіновані архітектури, у яких CNN використовуються для вилучення просторових ознак, а моделі LSTM або GRU забезпечують аналіз часової динаміки фінансових показників. Подібні гібридні системи демонструють суттєве підвищення точності прогнозування порівняно з використанням окремих моделей, оскільки вони дозволяють ефективніше враховувати багатовимірну структуру фінансових даних [4].

Іншим перспективним напрямом є інтеграція моделей глибинного навчання з класичними економетричними методами прогнозування. Зокрема, сучасні дослідження демонструють ефективність поєднання рекурентних нейронних мереж із моделями волатильності фінансових ринків, такими як GARCH-подібні структури. Така гібридизація дозволяє зберегти інтерпретованість економетричних моделей та водночас використати здатність нейронних мереж до моделювання складних нелінійних процесів. У результаті формується більш гнучка система оцінювання ризиків, здатна враховувати змінну волатильність фінансових активів і кореляційні залежності між ними [5].

Перспективним також вважається використання ансамблевих стратегій гібридизації, що передбачають поєднання кількох предиктивних моделей у межах єдиної аналітичної системи. У таких архітектурах результати прогнозування різних моделей об'єднуються за допомогою методів стекингу, бустингу або вагового усереднення.

Подібні підходи дозволяють підвищити стабільність результатів прогнозування, оскільки окремі моделі можуть ефективно працювати в різних ринкових умовах. Дослідження показують, що ансамблеві гібридні моделі здатні забезпечити більш точну оцінку інвестиційних ризиків, ніж будь-яка окрема модель машинного навчання [6].

Окремий напрям розвитку гібридних моделей пов'язаний із використанням багаторівневих архітектур обробки даних. У таких системах поєднуються різні типи алгоритмів, що виконують окремі етапи аналітичного процесу. Наприклад, на початковому етапі можуть використовуватися методи кластеризації або зниження розмірності для попереднього аналізу даних, після чого результати передаються до моделей глибинного навчання для формування прогнозу.

Такий підхід дозволяє ефективніше структурувати складні фінансові дані та підвищити якість подальшого моделювання. У сучасних дослідженнях застосовуються комбінації алгоритмів самоорганізовуваних карт, згорткових мереж і методів оцінювання фінансових показників, що забезпечує комплексний аналіз інвестиційної діяльності підприємств [7].

Важливим аспектом розвитку гібридних предиктивних систем є використання нових архітектур глибинного навчання, зокрема моделей типу encoder-decoder та механізмів уваги. Такі архітектури дозволяють ефективніше працювати з довгими часовими рядами фінансових даних і виділяти найбільш значущі фактори, що впливають на зміну ринкових показників. Використання двонапрямлених рекурентних мереж у поєднанні з механізмами уваги дає змогу одночасно аналізувати короткострокові та довгострокові тенденції на фінансових ринках, що є важливим для прогнозування інвестиційних ризиків у складних економічних умовах.

Проведений аналіз свідчить про те, що гібридизація моделей глибинного навчання є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку інтелектуальних систем оцінювання інвестиційних ризиків.

Поєднання різних алгоритмічних підходів дозволяє враховувати складну структуру фінансових даних, підвищувати точність прогнозування та забезпечувати більш стабільну роботу моделей у змінних ринкових умовах.

Подальші дослідження у цьому напрямі доцільно спрямувати на розробку адаптивних гібридних архітектур, здатних автоматично оптимізувати структуру моделей залежно від характеристик фінансових даних та особливостей інвестиційного середовища.

Література

1. Gadhi, A. H. A., Peiris, S., & Allen, D. E. (2024). Improving volatility forecasting: A study through hybrid deep learning methods with WGAN. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(9), 380.
2. Teng, J. (2024). A hybrid approach of deep learning to forecast financial performance: From unsupervised to supervised. *Systems Science & Control Engineering*, 12(1), 1–15.
3. Marqas, R. B., Mousa, A., & Özyurt, F. (2024). Innovative hybrid deep learning models for financial sentiment analysis. *Acadlore Transactions on AI and Machine Learning*, 3(4), 225–236.
4. Gadhi, A., Peiris, S., & Allen, D. (2024). Hybrid deep learning approaches for volatility prediction in financial markets. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(9), 380–396.
5. Zhong, Y., Cheng, Q., Qin, L., Xu, J., & Wang, H. (2024). Hybrid deep learning for AI-based financial time series prediction. *Journal of Economic Theory and Business Management*, 1(2), 27–35.
6. Chohan, M. A., Li, T., Abrar, M., & Butt, S. (2024). Deep hybrid CNN-LSTM-GRU model for a financial risk early warning system. *Risks*, 14(1), 14.
7. Pokou, F., Kamdem, J. S., & Benhmad, F. (2023). Hybrid econometric and reinforcement learning framework for Value-at-Risk estimation. *Finance Research Letters*, 55, 104091.

**МОДУЛЬ ГІБРИДНОГО СЕНСОРНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ
МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ**

Шибасєва Н.О., к.т.н., Рудніченко М.Д., к.т.н., доцент, доцент, Шибасєв Д.С.

Національний університет «Одеська політехніка»

Сучасні транспортні системи характеризуються високою складністю структури та значною динамічністю процесів, що відбуваються у міському середовищі. Зростання інтенсивності руху, збільшення кількості транспортних засобів та ускладнення дорожньої інфраструктури створюють додаткові вимоги до інтелектуальних систем аналізу та керування транспортними потоками. У таких умовах важливого значення набуває використання методів моделювання, які дозволяють досліджувати поведінку транспортних потоків у різних сценаріях функціонування міської транспортної мережі. Особливу роль у цьому процесі відіграють системи сенсорного моніторингу, здатні забезпечувати оперативне отримання інформації про стан транспортної інфраструктури та параметри руху транспортних засобів [1].

У рамках розвитку комп'ютерно-інтегрованих технологій одним із перспективних напрямів є створення модулів гібридного сенсорного керування, які поєднують можливості різних типів датчиків та інтелектуальних алгоритмів обробки даних. Такі модулі забезпечують інтеграцію інформації з різномірних джерел, включаючи відеокамери, радарні сенсори, індукційні петлі, системи супутникового позиціонування та інші засоби збору інформації. Комплексний аналіз отриманих даних дозволяє формувати більш точне уявлення про поточний стан транспортного середовища та підвищує ефективність алгоритмів моделювання транспортних потоків [2].

Моделювання транспортних потоків розглядається як важливий інструмент дослідження складних динамічних систем, що дозволяє аналізувати закономірності руху транспортних засобів та прогнозувати можливі зміни у транспортній мережі. У традиційних моделях використовуються статистичні методи або спрощені математичні підходи, які базуються на узагальнених параметрах інтенсивності руху [3]. Проте такі моделі часто не враховують реальні умови функціонування транспортної системи, що знижує точність прогнозування. Використання гібридних сенсорних модулів дозволяє значно розширити інформаційну базу для побудови моделей та забезпечити більш детальне відображення процесів, що відбуваються у транспортному середовищі [4].

Концепція гібридного сенсорного керування передбачає поєднання кількох рівнів обробки інформації, кожен з яких виконує специфічні функції у структурі системи. На першому рівні здійснюється збір первинних даних з різних типів сенсорів, що розташовані у транспортній інфраструктурі або інтегровані у транспортні засоби. Ці дані можуть включати інформацію про швидкість руху, щільність транспортного потоку, координати транспортних засобів, параметри дорожнього середовища та інші характеристики, що впливають на формування транспортних потоків. Важливою особливістю цього етапу є забезпечення синхронізації даних та усунення похибок вимірювання, які можуть виникати внаслідок роботи різних типів сенсорних пристроїв.

Наступний рівень функціонування модуля пов'язаний із процесами попередньої обробки та інтеграції даних. У цьому випадку застосовуються методи фільтрації шумів, нормалізації параметрів та формування узгоджених інформаційних структур, придатних для подальшого аналізу. Особливе значення має процес сенсорної фузії, що дозволяє об'єднувати дані з різних джерел у єдиному інформаційному просторі. Завдяки цьому досягається підвищення достовірності отриманої інформації та зменшується вплив окремих помилок вимірювання.

На наступному етапі здійснюється аналіз інтегрованих даних з використанням алгоритмів моделювання транспортних потоків. У сучасних дослідженнях для цього широко застосовуються методи імітаційного моделювання, клітинні автомати, агентні моделі та алгоритми машинного навчання. Застосування подібних підходів дозволяє враховувати індивідуальну поведінку учасників дорожнього руху, взаємодію транспортних засобів між собою та вплив дорожньої інфраструктури на формування транспортного потоку. Інтеграція сенсорних даних у процес моделювання забезпечує можливість оперативного коригування параметрів моделі відповідно до реальних умов функціонування транспортної системи.

Гібридний характер сенсорного керування проявляється у поєднанні різних методів обробки інформації та використанні кількох алгоритмічних підходів у межах єдиної системи. Зокрема, статистичні методи можуть застосовуватися для первинного аналізу параметрів транспортного потоку, тоді як алгоритми машинного навчання використовуються для прогнозування змін інтенсивності руху та виявлення потенційних транспортних заторів. У результаті формується адаптивна система керування, здатна реагувати на зміну транспортної ситуації в режимі реального часу.

Особливе значення розробка модулів гібридного сенсорного керування має у контексті розвитку інтелектуальних транспортних систем та автономних транспортних технологій. Використання подібних модулів дозволяє створювати цифрові моделі транспортної інфраструктури, які відображають реальний стан дорожньої мережі та можуть застосовуватися для оптимізації транспортних потоків. Такі системи здатні аналізувати поточну транспортну ситуацію, прогнозувати можливі перевантаження дорожніх ділянок та формувати рекомендації щодо оптимізації руху.

У комп'ютерно-інтегрованих технологіях модулі сенсорного керування можуть виступати складовими елементами комплексних систем управління транспортною інфраструктурою. Інтеграція сенсорних даних із системами моделювання дозволяє створювати інтелектуальні платформи для підтримки прийняття рішень у сфері транспортного планування та управління міською мобільністю. Завдяки цьому підвищується ефективність використання транспортної інфраструктури, зменшуються затримки руху та покращується загальна безпека дорожнього середовища.

Таким чином, модуль гібридного сенсорного керування процесом моделювання транспортних потоків є важливим елементом сучасних інтелектуальних транспортних систем. Його використання дозволяє забезпечити інтеграцію різнорідних сенсорних даних, підвищити точність моделей транспортних потоків та створити передумови для формування адаптивних систем управління дорожнім рухом. Подальші дослідження у цьому напрямі доцільно спрямувати на вдосконалення алгоритмів сенсорної інтеграції, розробку методів прогнозування транспортної динаміки та розширення можливостей використання гібридних моделей у системах автоматизованого управління транспортними мережами..

Література

1. Treiber, M., & Kesting, A. (2023). *Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation*. Springer, Berlin.
2. Barcelo, J., Casas, J., Ferrer, J., & Garcia, D. (2022). Microscopic traffic simulation: A tool for the design and evaluation of intelligent transportation systems. *Transportation Research Procedia*, 62, 470–477.
3. Chen, C., Cheng, Y., & Ma, X. (2024). A survey of traffic flow prediction using deep learning methods. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 25(2), 1523–1537.
4. Vlahogianni, E. I., Karlaftis, M. G., & Golias, J. C. (2022). Short-term traffic flow forecasting: Where we are and where we are going. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 43, 3–19.

ПОЖЕЖІ ТА ВИБУХИ ЯК ДЖЕРЕЛО ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ: ВПЛИВ НА ПОВІТРЯ, ҐРУНТИ ТА ВОДНІ РЕСУРСИ

Ярошенко Р.В., Свірікова А.Є., Гармаш Б.К., к.т.н., доцент

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Вступ. Пожежі та вибухи, що виникають унаслідок техногенних аварій, належать до найбільш небезпечних видів надзвичайних ситуацій, які до того ж мають масштабні та довготривалі наслідки задля навколишнього середовища і здоров'я населення. Такі події супроводжуються насамперед інтенсивним виділенням теплової енергії, руйнуванням інфраструктури та одночасним викидом великої кількості небезпечних речовин у атмосферу, ґрунти та водні об'єкти [1].

Особливу небезпеку при цьому становлять викиди токсичних парів, газів і аерозолів, а також утворення щільного задимлення та вторинне забруднення оточуючого середовища продуктами горіння. У сучасних умовах збільшення обсягів промислового виробництва та транспортування небезпечних вантажів ризик виникнення таких аварій залишається на викому рівні. Це і зумовлює актуальність їхнього вивчення з екологічної точки зору.

Мета дослідження. Метою даної роботи є аналіз екологічних ризиків і наслідків пожеж та вибухів під час настання аварій. Зокрема того впливу, який чинять викиди токсичних речовин на довкілля; небезпек задимлення та виникнення вторинного забруднення.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

1. розглянути основні причини виникнення пожеж і вибухів під час настання техногенних аварій;
2. проаналізувати механізми утворення токсичних викидів;
3. дослідити вплив задимлення на атмосферне повітря та здоров'я населення;
4. визначити особливості вторинного забруднення ґрунтів і водних ресурсів;
5. оцінити екологічні наслідки великих аварійних ситуацій;
6. розглянути заходи щодо мінімізації екологічних ризиків.

Пожежі та вибухи під час аварій є складними фізико-хімічними процесами, що супроводжуються швидким окисненням горючих матеріалів і вивільненням великої кількості енергії. У результаті таких процесів утворюються небезпечні продукти горіння, де задіяні оксиди вуглецю, азоту, сірки, діоксини, фурані, летючі органічні сполуки та інші токсичні речовини [2].

Одним із найнебезпечніших наслідків таких аварій є викиди токсичних речовин до повітряного середовища. Вони можуть поширюватися на значні відстані в залежності від погодних умов, напрямку і швидкості вітру та висоти підймання пило- і газових аерозолів. Потрапляння таких речовин у дихальні шляхи людини в залежності від кількості призводить до гострих отруєнь, сильного загострення хронічних захворювань та підвищення ризику виникнення онкологічних захворювань у майбутньому.

Задимлення під час настання техногенних аварій є одним з головних екологічних факторів ризику. Щільний дим знижує видимість, через це порушується транспортна інфраструктура та створюється загроза для життя людей. До того ж, дрібнодисперсні частинки, що містяться в таких димах, легко проникають до легенів людини та звідти до кровоносної системи, спричиняючи тим самим серйозні порушення здоров'я.

Особливу увагу необхідно також приділити вторинному забрудненню довкілля. При цьому відбувається забруднення ґрунтів після осідання продуктів горіння важкими металами, токсичними сполуками та залишками горючих матеріалів. Це призводить до поступової деградації ґрунтового покриву, зниження його родючості та порушення екологічного балансу в цілому.

Водні ресурси також зазнають значного негативного впливу через великі техногенні аварії. Забруднені опади, стікання дощових вод та потрапляння продуктів горіння у річки та озера спричиняють погіршення якості води та загибель водних організмів. В окремих випадках таке забруднення може мати довготривалий характер і вимагатиме складних заходів із відновлення цілих екосистем.

Екологічні наслідки пожеж і вибухів часто мають комплексний характер, оскільки вони впливають на повітря, ґрунти та водні ресурси одночасно. Окрім прямого забруднення довкілля, відбувається руйнування природних екосистем. Результатом в переважній більшості випадків є втрата біорізноманіття і погіршення умов існування живих організмів.

З метою зниження екологічних ризиків необхідно запроваджувати систему превентивних заходів, що включає до себе контроль за зберіганням і транспортуванням небезпечних речовин, модернізацію промислових об'єктів підвищеної небезпеки, а також застосування систем автоматичного пожежогасіння та моніторинг стану довкілля. Важливе значення мають також своєчасне реагування на аварійні ситуації та проведення екологічної реабілітації постраждалих територій.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що пожежі та вибухи під час аварій є значним джерелом екологічної небезпеки. Воно призводить до комплексного забруднення навколишнього середовища. Основними встановленими негативними факторами є викиди токсичних речовин, інтенсивне задимлення та вторинне забруднення ґрунтів і водних ресурсів. Екологічні наслідки таких подій можуть мати як короткостроковий, так і довготривалий характер, впливаючи на здоров'я населення та стан цілих природних екосистем.

Зменшення негативного впливу можливе лише за умови впровадження комплексної системи управління ризиками, за рахунок підвищення рівня промислової безпеки та розвитку сучасних технологій моніторингу і ліквідації наслідків аварій. Таким чином, проблема екологічних наслідків пожеж і вибухів потребує постійної уваги та системного підходу до її вирішення.

Література

1. Krausmann E., Girgin S., Necci A. Natural hazard impacts on industry and critical infrastructure: Natech risk drivers and risk management performance indicators. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2019. Vol. 40. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101163>
2. Zhou Lixing. *Flame Combustion. Theory and Modeling of Dispersed Multiphase Turbulent. Reacting Flows*, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813465-8.00015-6>

МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ АНАЛІЗУ ТА КЕРУВАННЯ ГІДРОАКУСТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Шумейко К.П.

Національний університет «Одеська політехніка»

Зростання складності гідроакустичних систем та розширення спектра їх застосування обумовлюють необхідність використання новітніх підходів до обробки інформації. Особливої актуальності набуває використання мультимодальних даних, які формуються на основі різних джерел інформації, включаючи акустичні сигнали, параметри середовища, навігаційні характеристики та допоміжні сенсорні вимірювання. Традиційні методи аналізу сигналів не забезпечують достатнього рівня точності в умовах шумів, багатопроменевого поширення та змінності характеристик середовища [1]. У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні інтелектуальних методів обробки даних, здатних інтегрувати різнорідну інформацію та виявляти складні закономірності.

Мультимодальні дані в гідроакустичних системах характеризуються високою розмірністю, неоднорідністю та складними взаємозв'язками між окремими компонентами. Ефективна обробка таких даних передбачає застосування методів інтеграції інформації на різних рівнях, включаючи рівень ознак, рівень моделей та рівень прийняття рішень. На початковому етапі здійснюється попередня обробка сигналів, що включає фільтрацію шумів, нормалізацію та синхронізацію даних із різних джерел. Важливим елементом є формування інформативного простору ознак. Для цього використовуються спектральні, часові та просторові характеристики сигналів, а також параметри середовища, що впливають на поширення акустичних хвиль. Методи зниження розмірності, такі як головні компоненти або нелінійні відображення, дозволяють виділити найбільш значущі ознаки та зменшити обчислювальну складність обробки [2].

Інтеграція мультимодальних даних може здійснюватися за різними стратегіями. Раннє об'єднання передбачає формування спільного вектора ознак до етапу моделювання, що дозволяє врахувати взаємозв'язки між різними модальностями. Пізнє об'єднання, навпаки, базується на незалежній обробці кожного типу даних із подальшою агрегацією результатів.

Комбіновані підходи поєднують переваги обох стратегій і забезпечують більшу гнучкість системи. Для моделювання складних залежностей застосовуються методи машинного навчання, зокрема глибинні нейронні мережі, здатні автоматично формувати ієрархічні представлення даних.

Практична реалізація підходів до обробки мультимодальних даних передбачає створення інтегрованих систем, здатних працювати в режимі реального часу. Такі системи можуть бути використані для задач моніторингу підводного середовища, виявлення об'єктів, навігації та забезпечення безпеки. Їх ефективність значною мірою визначається якістю інтеграції даних і здатністю моделей адаптуватися до змінних умов.

Висновки. У роботі обґрунтовано доцільність використання мультимодальних даних у задачах аналізу та керування гідроакустичними системами. Розглянуті методи інтеграції та обробки інформації дозволяють підвищити точність розпізнавання та стійкість систем до зовнішніх впливів. Використання інтелектуальних алгоритмів відкриває перспективи для створення високоефективних гідроакустичних систем нового покоління.

Література

1. Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines*. Pearson.
2. Piechocki, R. J., Wang, X., & Bocus, M. J. (2023). Multimodal sensor fusion in the latent representation space. *Scientific Reports*, 13, Article 2005.

**ANALYSIS OF METHODS FOR REPRESENTING HIERARCHICAL INFORMATION
IN DOCUMENT-ORIENTED DATABASES**

Domin M., Ph.D in Computer Science, Associate Professor
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Abstract. Efficient representation of hierarchical information is a key challenge in the design of modern information systems. Document-oriented databases provide flexible data models, but performance strongly depends on the chosen hierarchical representation method. This paper analyzes and compares adjacency lists, materialized paths, and nested sets in MongoDB. The methods are evaluated in terms of implementation complexity, query performance, and economic efficiency. Experimental results for datasets containing up to 10,000 hierarchies demonstrate that the materialized path method provides the best performance for frequent hierarchy queries, especially in cloud environments.

Hierarchical data structures are widely used in information systems for representing complex relationships between entities. Typical examples include organizational structures, product categorizations, configuration trees, access control models, and information-administrative architectures. In such systems, hierarchical data is frequently queried, partially updated, and analyzed, which makes the efficiency of its representation a critical design factor.

Document-oriented databases, such as MongoDB, are increasingly adopted for systems that require schema flexibility and horizontal scalability. Unlike relational databases, document-oriented databases do not impose strict normalization rules, which allows developers to choose from multiple hierarchical data modeling strategies [1,2]. However, this flexibility shifts the responsibility for performance optimization to the application designer.

This study focuses on three commonly used methods for representing hierarchical information in MongoDB: adjacency lists, materialized paths, and nested sets [1]. Each method has different characteristics with respect to query performance, update complexity, and storage overhead. The goal of this study is to compare the efficiency of these approaches and determine their advantages and disadvantages for working with hierarchical data.

The adjacency list method represents each node by storing a reference to its parent node. This approach is conceptually simple and easy to implement. Insert and delete operations are straightforward, and modifications of the hierarchy structure typically affect only a limited number of documents. Hierarchical queries can be implemented using the aggregation pipeline and the `$graphLookup` operator [3]. While this method performs significantly better in MongoDB than in relational databases, full hierarchy retrieval becomes increasingly expensive for large hierarchies.

The materialized path method stores the complete path from the root to each node as a string value. This representation enables efficient subtree retrieval using prefix-based queries and indexed sorting operations. As a result, hierarchy traversal does not require recursive processing. However, update operations that involve moving subtrees require updating the path value for all descendant nodes, which increases implementation complexity and requires careful synchronization in systems with concurrent updates.

The nested sets method encodes hierarchical relationships using left and right boundary values obtained during a depth-first traversal of the hierarchy [1]. This approach allows efficient subtree selection using range queries and index support. At the same time, any structural modification of the hierarchy may require recalculating boundary values for a large number of nodes, which significantly complicates update operations and limits scalability in document-oriented databases.

To evaluate the practical efficiency of the analyzed methods, a test database was created containing 10,000 independent hierarchies. The number of nodes in a single hierarchy varied from

40 to 5,500, with an average size of approximately 300 nodes. The maximum hierarchy depth was six levels, and the average branching factor was five.

Performance evaluation was conducted in two deployment scenarios. The first scenario involved a locally hosted MongoDB instance, where the average execution time of hierarchy retrieval queries was measured. The second scenario involved a cloud-hosted MongoDB-compatible service on Microsoft Azure, where query cost was evaluated using request units (RU) [5]. The use of RU provides a hardware-independent measure of resource consumption and is particularly relevant for economic evaluation in cloud environments.

Experimental results obtained in the local environment show that the materialized path method consistently provides the lowest query execution time. For hierarchies containing approximately 300 nodes, the average retrieval time was 2.16 ms for the materialized path method, compared to 4.77 ms for adjacency lists and 2.36 ms for nested sets. For larger hierarchies containing approximately 5,200 nodes, retrieval times increased to 27.2 ms, 61 ms, and 32.3 ms respectively.

Cloud-based measurements confirm these findings. For hierarchies of approximately 300 nodes, the materialized path method required 15.4 RU, while adjacency lists consumed 54.7 RU and nested sets consumed 18.4 RU. For hierarchies of approximately 5,200 nodes, the materialized path method required 190 RU, compared to 703 RU for adjacency lists and 250 RU for nested sets.

The obtained results demonstrate that the materialized path method provides the best balance between query performance and economic efficiency in systems characterized by frequent hierarchy retrieval operations. The adjacency list method remains a viable solution for applications where hierarchical queries are infrequent and simplicity of implementation is a priority. The nested sets method does not demonstrate sufficient advantages to justify its complexity in typical document-oriented database use cases.

In conclusion, the choice of a hierarchical data representation method in document-oriented databases should be guided by query frequency, update patterns, and deployment environment. For systems that rely on intensive hierarchical queries, the materialized path method is the most effective solution, particularly in cloud-based infrastructures.

References

1. Celko J. A Look at SQL Trees / *DBMS and Internet Systems*, 1996. – March. [Electronic resource]. – URL: <http://www.dbmsmag.com/9603d06.html>, free. – Title from screen
2. MongoDB Documentation. Model Tree Structures. [Electronic resource]. – URL: <https://www.mongodb.com/docs/manual/applications/data-models-tree-structures/>
3. MongoDB Documentation. Aggregation Pipeline. [Electronic resource]. – URL: <https://www.mongodb.com/docs/manual/core/aggregation-pipeline/>
4. Benymol J., Sajimon A. Performance analysis of NoSQL and relational databases with MongoDB and MySQL. *Materials Today: Proceedings*, 2020.
5. Microsoft Learn. Request Units in Azure Cosmos DB. [Electronic resource]. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/cosmos-db/request-units>

РОЛЬ ГІДРОАКУМУЛЮЮЧИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У РОЗВИТКУ ТА ІНТЕГРАЦІЇ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Єременко В.О., Потапенко Е.С., Дюмін Е.С., Григор'єва Є.С., к.т.н.

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Вступ. Сучасний етап розвитку світової енергетики характеризується активним переходом до низьковуглецевих моделей виробництва електроенергії та зростанням частки відновлюваних джерел енергії. Особливо вітрової та сонячної електроенергії. Водночас нестабільний і стохастичний характер їхньої генерації створює серйозні виклики для функціонування енергосистем, які традиційно були орієнтовані на традиційні джерела енергії й були керованими. В таких умовах особливої актуальності набуває питання балансування між попитом і пропозиціями щодо електроенергії, а також забезпечення надійності та гнучкості енергомереж.

Одним із віднайдених найбільш ефективних технологічних рішень, здатних забезпечити акумулювання великих обсягів енергії, є гідроакumuлюючі електростанції – ГАЕС [1]. Їхній розвиток відіграє ключову роль у трансформації сучасних енергетичних систем, а також у створенні передумов задля повсюдного впровадження відновлюваних джерел енергії.

Мета дослідження. Метою даної роботи є аналіз розвитку гідроакumuлюючих електростанцій та визначення їхньої ролі у забезпеченні ефективного функціонування сучасних енергетичних систем в умовах зростання частки використання відновлюваної енергії.

Для досягнення поставленої мети було визначено наступні **завдання**:

- дослідити принципи роботи та технічні особливості гідроакumuлюючих електростанцій;
- проаналізувати сучасні тенденції розвитку ГАЕС у світі;
- визначити їх значення у забезпеченні стабільності енергосистем;
- оцінити роль ГАЕС у інтеграції відновлюваних джерел енергії;
- розглянути проблеми та перспективи подальшого розвитку даної технології.

Гідроакumuлюючі електростанції є різновидом гідроенергетичних установок. Вони забезпечують накопичення енергії шляхом перекачування води поміж двома резервуарами, які розташовані на різних рівнях [2–3]. У періоди низького навантаження електроенергія використовується для перекачування води до верхнього басейну. Під час пікових навантажень вода повертається з гори до низу через турбіни, генеруючи при цьому електроенергію. Означений механізм дозволяє ефективно згладжувати добові та сезонні коливання попиту на енергію.

На сучасному етапі розвитку енергетики ГАЕС відіграють важливу роль у забезпеченні гнучкості енергосистем. Вони здатні швидко реагувати на зміну енергонавантаження. Це є критично важливим в умовах інтеграції відновлюваних джерел енергії. Вітрові та сонячні електростанції все ж таки певною мірою залежать від природних умов, тому їхній виробіток є нерівномірним. ГАЕС дозволяють у періоди високої генерації накопичувати надлишкову енергію та в моменти дефіциту віддавати її до мережі.

До того ж, гідроакumuлюючі станції виконують функції стосовно резервування потужності, регулювання частоти та напруги в мережі, а також забезпечують резерв в аварійних випадках. Це робить їх незамінними елементами сучасних енергетичних систем. Завдяки високому коефіцієнту корисної дії (до 70–80%) і здатності до тривалого зберігання енергії у часі, ГАЕС залишаються однією з найефективніших технологій накопичення.

Разом з тим, розвиток гідроакumuлюючих електростанцій супроводжується цілою низкою викликів. До означених викликів належать значні матеріальні витрати на

будівництво. Також присутня обмеженість географічно придатних задля їх будови територій, а також існують екологічні виклики, пов'язані з впливом на природні екосистеми. З іншого боку, сучасні інженерні рішення (на кшталт підземних ГАЕС) або використання вже існуючих водосховищ, дозволяють частково вирішити ці питання.

Перспективи розвитку ГАЕС напряму пов'язані з їхньою інтеграцією у «розумні» енергомережі (так звані smart grids). також їх розбудова залежить від використанням цифрових технологій управління та грамотного поєднанням з іншими системами накопичення енергії [4]. Це сприятиме підвищенню ефективності їх роботи та розширенню можливостей використання.

Висновки. Загальновідомо, що гідроакумуючі електростанції є ключовим елементом сучасних енергетичних систем. Особливо це відчутно в умовах зростання частки відновлюваних джерел енергії. Вони забезпечують необхідне балансування енергосистеми, підвищують її гнучкість та надійність, а також сприяють ефективному використанню електроенергії. Незважаючи на наявні технічні та економічні обмеження, які досі ще присутні, розвиток ГАЕС має значний потенціал і є важливим напрямом енергетичної трансформації. Подальше вдосконалення технологій і впровадження інноваційних рішень дозволить підвищити ефективність їхнього функціонування та забезпечити сталий розвиток енергетики в перспективі.

Література

1. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України : аналіт. доп. / О. М. Суходоля, А. А. Сидоренко, С. В. Бегун, А. А. Білуха. – К. : НІСД, 2014. – 112 с. – (Сер. «Національна безпека», вип. 8).
2. Структура та характеристики гідроакумуючої електростанції та спосіб будівництва електростанції. <https://www.fstgenerator.com/uk/news/20220307/>
3. Atle Harby, Julian Sauterleute, Magnus Korpås, Ånund Killingtveit, Eivind Solvang, Torbjørn K Nielsen. Pumped Storage Hydropower. Transition to Renewable Energy Systems, 2013. Pp.597-618. <https://doi.org/10.1002/9783527673872.ch29>
4. Jafarizadeh H.M., Yamini E., Zolfaghari S.M., Esmaeilion F., El Haj Assad M., Soltani M. Navigating challenges in large-scale renewable energy storage: Barriers, solutions, and innovations. Energy Reports, 2024. Vol. 12. Pp. 2179-2192. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.08.019>

MATHEMATICAL MODELING OF MASS AND HEAT TRANSFER PROCESSES IN A RECTIFICATION COLUMN

Bondarenko R.B., M. H. Loria, Doctor of Technical Sciences, Professor
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Rectification remains one of the most widely used separation processes in chemical, petrochemical, pharmaceutical and food industries. Despite the long history of its industrial application, the rectification column is still a complex object for mathematical description and automatic control. This is caused by the simultaneous influence of mass transfer, heat transfer, phase equilibrium, hydraulic conditions, feed composition, reflux ratio and vapor flow rate. Therefore, the development of a mathematical model of a rectification column is an important stage in the analysis, design and further optimization of separation processes.

The topic of the future dissertation is related to the research and development of a mathematical model of a rectification column. Within the framework of this conference paper, the main attention is focused on the construction of a model that can describe the distribution of component concentrations along the column height and reflect the influence of technological parameters on the quality of separation. Unlike simplified calculation approaches, a dynamic

mathematical model makes it possible to study not only the steady-state operation of the column, but also its behavior during changes in feed flow rate, feed composition, reflux ratio or heat supply to the reboiler.

A rectification column can be represented as a system of interconnected theoretical stages. On each stage, vapor and liquid phases interact with each other, and the more volatile component is redistributed between the phases according to the conditions of phase equilibrium. The basic mathematical description may include material balance equations for each stage, energy balance equations, vapor-liquid equilibrium relations and equations describing the flow of liquid and vapor streams. In a simplified form, the dynamics of component concentration on the i -th stage can be written as:

$$M_i \frac{dx_i}{dt} = L_{i+1}x_{i+1} + V_{i-1}y_{i-1} - L_i x_i - V_i y_i + F_i z_F, \quad (1)$$

where M_i is the liquid holdup on the stage, x_i is the liquid-phase concentration, y_i is the vapor-phase concentration, L_i and V_i are liquid and vapor flow rates, F_i is the feed flow rate supplied to the stage, and z_F is the feed composition.

The use of such a model allows analyzing how the concentration profile changes along the column and how quickly the system reaches a new operating mode after disturbances. This is especially important for control system design, because the quality of the final product depends not only on the nominal operating parameters, but also on the ability of the column to maintain stable separation under changing technological conditions.

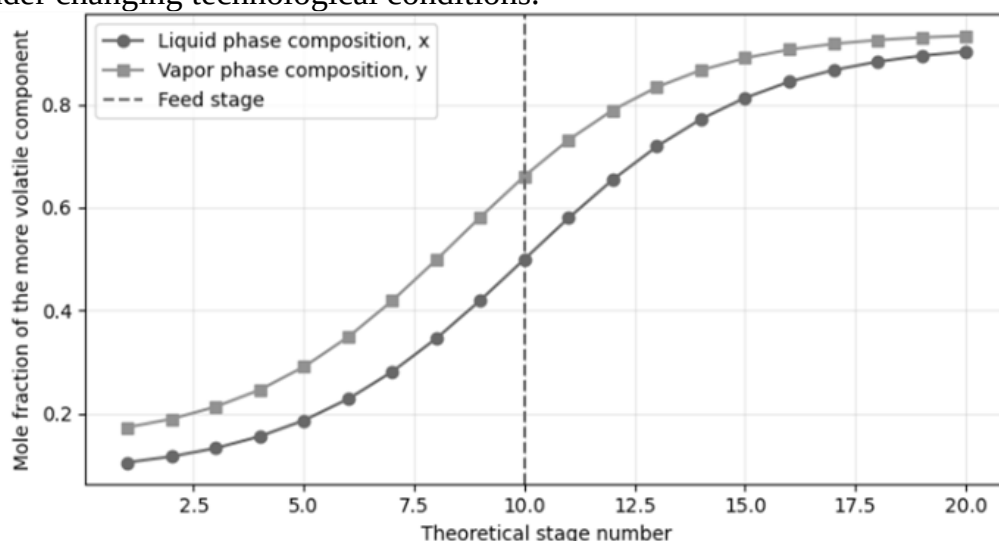


Figure — Composition profile along a rectification column

Such a graph helps to visually estimate the separation efficiency, the influence of the feed stage and the difference between the concentration profiles in the vapor and liquid phases.

The expected scientific result of the research is the development of a mathematical model that can be used for simulation, analysis and further synthesis of a control system for a rectification column. The model may become the basis for determining optimal technological parameters, selecting the feed stage, evaluating the influence of reflux ratio and predicting the quality of the distillate and bottom product. In further research, the model can be expanded by including nonlinear phase equilibrium, variable tray efficiency, pressure drop along the column and energy consumption in the reboiler and condenser.

Thus, the development of a mathematical model of a rectification column is not only a theoretical task, but also a practical tool for improving the efficiency of separation processes. The proposed modeling approach provides a basis for studying the dynamic behavior of the column, improving process stability and developing more advanced computer-integrated control systems for industrial rectification units.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ SMART-ГОЛОВНИХ УБОРІВ

Ріпка Г.А., к.т.н., доц., Бондарева І.В., здоб., Філіппов Д.О., здоб., Філіппова Т.А., здоб.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасний розвиток технологій та соціальний запит на покращення якості життя формують стійкий попит на інтелектуальні та функціональні вироби, що виходять за межі традиційного призначення. Світ стрімко рухається до ери smart-текстилю, де одяг перетворюється на невід'ємний елемент моніторингу та активної підтримки здоров'я. Головний убір є особливо цікавою платформою для таких інновацій, оскільки його безпосереднє розташування на голові дозволяє ефективно впливати на ключові фізіологічні процеси, зокрема на терморегуляцію та когнітивні функції, забезпечуючи при цьому максимальний комфорт і мінімальну інвазивність.

Незважаючи на зростаючу кількість розробок у сфері носійної електроніки, гостро стоїть проблема технологічної інтеграції електронних компонентів у текстильну структуру. Існуючі методи часто порушують естетику, ергономіку та довговічність виробу, роблячи його непридатним для промислового масштабування.

Метою роботи є обґрунтування та розробка технології smart-головних уборів, яка дозволить безшовно інтегрувати активні оздоровчі модулі, зокрема системи терморегуляції на базі елементів Пельтьє, зберігаючи при цьому всі експлуатаційні та естетичні характеристики головних уборів.

Технологічний розвиток smart-головних уборів базується на трирівневій інтеграції (рис.):

1. Матеріалознавчий рівень. Використання струмопровідних волокон та «розумних» тканин, що зберігають властивості традиційного текстилю (гнучкість, повітропроникність), але при цьому виконують роль провідників або сенсорів.
2. Апаратний рівень. Інтеграція мініатюрних датчиків, акумуляторів та виконавчих механізмів (наприклад, елементів Пельтьє для терморегуляції).

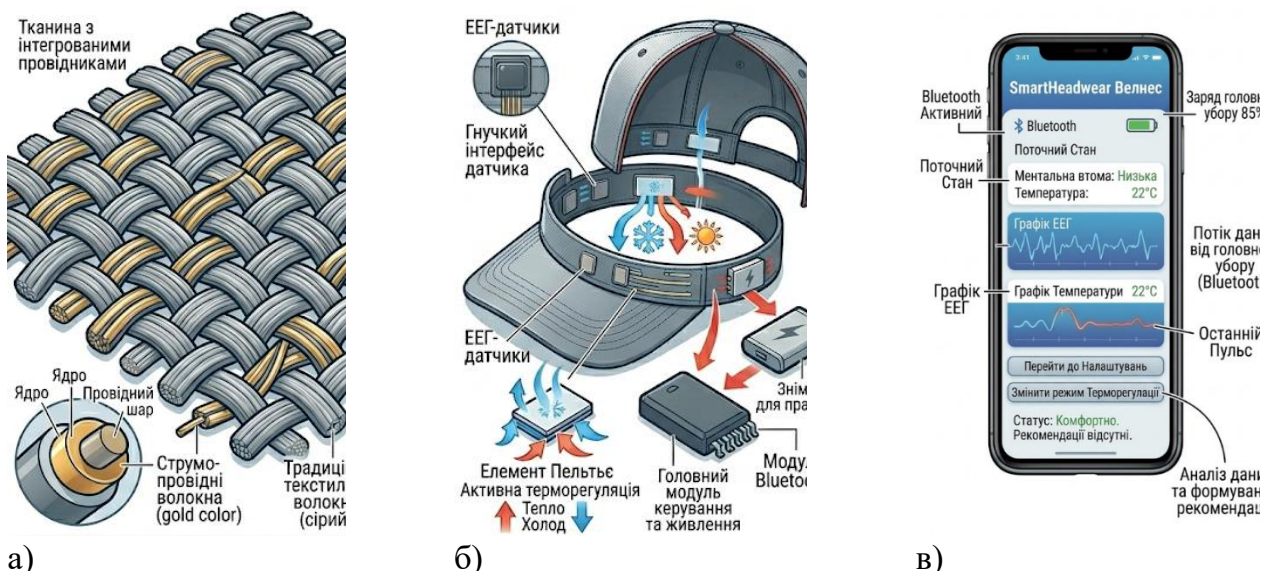


Рис. Інтеграція струмопровідних волокон у текстильну основу: а) матеріалознавчий рівень; б) апаратний рівень; в) програмний рівень

3. Програмний рівень. Обробка отриманих даних за допомогою вбудованих контролерів та синхронізація з мобільними додатками для забезпечення зворотного зв'язку з користувачем.

Ефективність функціонування інтелектуального головного убору безпосередньо

залежить від правильного підбору та комбінації сенсорних і виконавчих елементів, основні характеристики яких наведено в таблиці.

Таблиця. Класифікація та функціональне призначення інтелектуальних компонентів у структурі smart-виробів

Категорія компонентів	Типи та приклади	Функціональне призначення
Сенсорні елементи (датчики)	Оптоволоконні, хімічні, акустичні, магнітні та оптичні датчики	Сприйняття сигналів або подразників від навколишнього середовища чи тіла користувача
Активні матеріали	Сплави та полімери з пам'яттю форми, терморегульовані матеріали	Зміна фізичних характеристик (форми, об'єму, кольору) під дією зовнішніх факторів
Матеріали з фазовим переходом (PCM)	Мікрокапсули з парафінами або солями	Регулювання мікроклімату шляхом поглинання або виділення теплової енергії при зміні агрегатного стану
Виконавчі механізми (актуатори)	Елементи Пельтьє, п'єзоелектричні пристрої	Активна реакція системи на отримані дані (охолодження, нагрів, звукове сповіщення)

Основними особливостями розвитку цієї технології є необхідність вирішення проблеми енергозабезпечення смарт-елементів та розробка методів з'єднання жорстких електронних модулів із м'якою основою виробу. Це вимагає використання модульного підходу, що дозволяє відокремлювати електроніку для догляду за текстильною основою, забезпечуючи тривалий життєвий цикл виробу.

Перехід до інтелектуального виробництва в текстильній галузі дозволяє трансформувати традиційний головний убір у складний функціональний інструмент. Розвиток технологій smart-головних уборів відкриває нові можливості для персоналізованого велнесу, моніторингу здоров'я та створення комфортного мікроклімату, що є ключовим вектором розвитку сучасної легкої промисловості.

Література

1. Смарт-текстиль в індустрії моди: матеріали та технології / за ред. О. В. Захарової. – Київ : КНУТД, 2023. – 215 с.
2. С. Березненко, Н. Садретдінова. Оцінка енерго-інформаційного впливу текстильних матеріалів на організм людини з обмеженими можливостями. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем : матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції: Чернігів 23-24 травня 2022. Чернігів, 2022. Т. 1. С. 228-230.
3. Батаровська М. В., Куцевський М. О. Розширення технологічних можливостей формування деталей головних уборів завдяки використанню нової технології. Легка промисловість, 2012.
4. Чайковська А.Є., Т. М. Ткачова. Матеріалознавство в дизайні одягу: Навчальний посібник. А. Є. Чайковська, Київ.: Науковий світ, 2004. 191 с.

АРХІТЕКТУРА ЗАХИЩЕНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

Куденчук Д. П., студ., Коробейнікова Т. І., к.т.н., доц., Опірський І. Р., д.т.н., проф.

Національний університет «Львівська політехніка»

Вступ. У сучасних умовах цифровізації корпоративні комп'ютерні мережі є критично важливими для функціонування організацій, оскільки вони забезпечують обробку та передачу значних обсягів даних. Зростання кількості кіберзагроз вимагає впровадження ефективних механізмів захисту мережевої інфраструктури. Одними з ключових підходів до забезпечення безпеки є сегментація мережі та контроль доступу [1-2].

Актуальність дослідження зумовлена зростанням кількості кіберінцидентів, пов'язаних із несанкціонованим доступом та боковим переміщенням зловмисників у мережі. Відсутність належної сегментації значно підвищує ризики компрометації корпоративних ресурсів. Тому впровадження сучасних моделей захисту, зокрема Zero Trust, є необхідним для підвищення рівня інформаційної безпеки.

Сучасний стан проблеми. На сьогоднішній день у корпоративних мережах широко застосовуються технології VLAN, ACL, DMZ та VPN, які забезпечують базовий рівень сегментації та контролю доступу. Водночас традиційна периметрова модель безпеки вже не відповідає сучасним вимогам через поширення хмарних сервісів і віддаленої роботи. У зв'язку з цим активно впроваджується концепція Zero Trust, яка передбачає перевірку кожного запиту доступу незалежно від його джерела та реалізацію принципу мінімальних привілеїв [3-4].

Результати дослідження. У роботі розроблено модель захищеної корпоративної мережі, що базується на поєднанні сегментації та багаторівневого контролю доступу (рис.1).

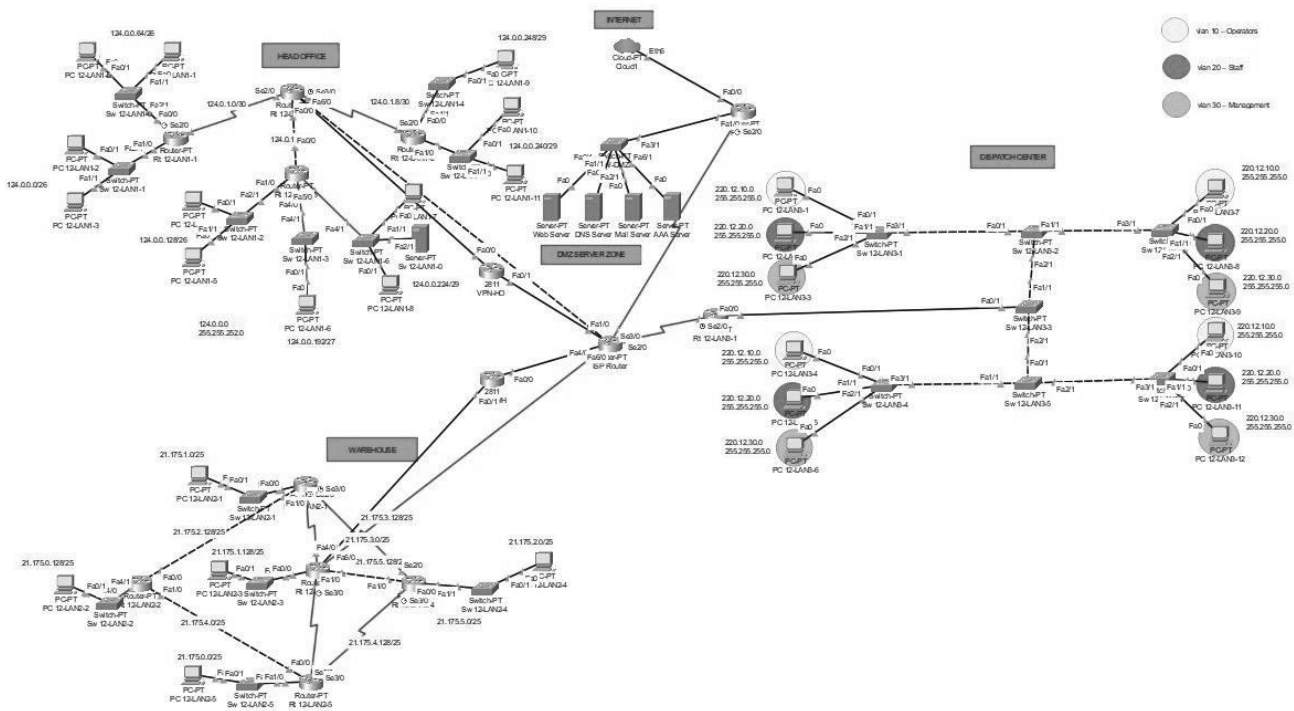
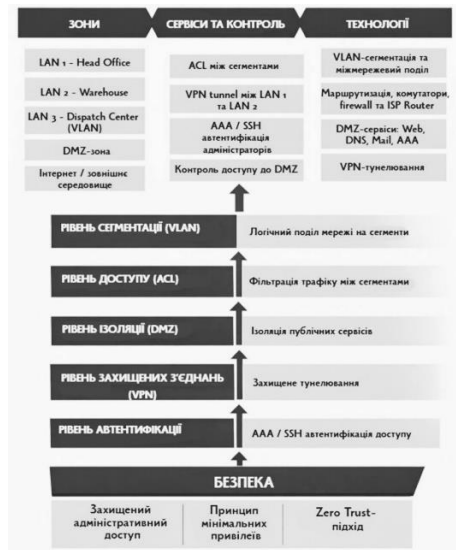


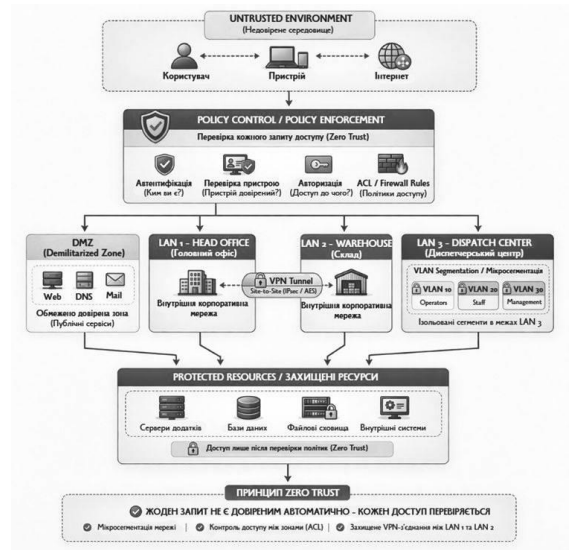
Рисунок 1 – Загальна структура корпоративної мережі

Мережа складається з трьох основних сегментів: головного офісу (LAN 1), складу (LAN 2) та диспетчерського центру (LAN 3). Кожен із сегментів виконує окремі функції в корпоративній інфраструктурі та має власний рівень доступу до ресурсів. Взаємодія між сегментами здійснюється через мережу провайдера, що дозволяє забезпечити централізовану маршрутизацію трафіку та контроль мережевих потоків. З метою підвищення рівня інформаційної безпеки між LAN 1 і LAN 2 реалізовано захищений VPN-

тунель, який забезпечує конфіденційність і цілісність переданих даних. Диспетчерський центр (LAN 3) додатково сегментований за допомогою VLAN, що дозволяє розмежувати доступ між різними групами користувачів та мінімізувати ризик несанкціонованого доступу (рис. 2, а).



а)



б)

Рисунок 2 – Рівні сегментації та контролю доступу (а) в т.ч. із релакзацією Zero Trust у корпоративній мережі

Запропонована модель включає кілька рівнів безпеки: сегментацію мережі (VLAN), фільтрацію трафіку (ACL), ізоляцію публічних сервісів (DMZ), захищені з'єднання (VPN) та механізми автентифікації. Це забезпечує багаторівневий захист корпоративної інфраструктури (рис. 2, б). У моделі реалізовано принцип Zero Trust, відповідно до якого кожен запит доступу проходить перевірку автентичності, авторизації та відповідності політикам безпеки. Це дозволяє мінімізувати ризик несанкціонованого доступу та обмежити поширення атак між сегментами мережі.

Висновки. Запропонована архітектура дозволяє суттєво підвищити рівень захисту корпоративної мережі, обмежити поширення кіберзагроз та забезпечити контроль доступу до інформаційних ресурсів. Її впровадження сприяє підвищенню надійності інформаційних систем, захисту даних користувачів та стабільності функціонування організацій. Отже, використання сучасних підходів до сегментації та контролю доступу є важливим як для безпеки бізнесу, так і для суспільства в цілому.

Література

1. Трояновська Т. І. Побудова захищених мереж на базі обладнання компанії Cisco. // Захарченко С.М., Трояновська Т. І., Бойко О.В. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. – 133 с.
2. Технології захисту локальних мереж на основі обладнання CISCO : навч. посібник / Т. І. Коробейнікова, С. М. Захарченко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 188 с.
3. NIST. Zero Trust Architecture. NIST Special Publication 800-207. 2020. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-207.pdf> (Last accessed: 25.03.2026).
4. Scarfone K., Hoffman P. Guidelines on Firewalls and Firewall Policy. NIST Special Publication 800-41 Rev.1. 2019. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-41r1.pdf> (Last accessed: 25.03.2026).

ML-ТРЕНОВАНА МОДЕЛЬ БЛОКУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗАПИТІВ

Бундзило О.І. студент, Коробейнікова Т.І. к.т.н., доцент

Національний університет «Львівська політехніка»

Веб-додатки є основним вектором кіберзагроз сучасності: щороку фіксуються мільярди шкідливих HTTP-запитів, спрямованих на SQL-ін'єкції, міжсайтовий скриптинг (XSS), перехоплення сесій та ін'єкції через команди. Класичні сигнатурні засоби захисту (WAF) виявляють лише відомі шаблони атак і безсилі проти нових чи обфускованих векторів. Машинне навчання відкриває можливість побудови адаптивних систем, здатних виявляти аномалії на основі семантики запиту, а не фіксованих правил [1].

За даними OWASP Top 10 (2024), ін'єкційні атаки та порушення контролю доступу залишаються найпоширенішими загрозами для веб-застосунків [2]. Традиційні WAF із набором сигнатурних правил (наприклад, ModSecurity + OWASP CRS) демонструють повноту виявлення лише 72–76 % реальних атак і потребують щотижневого ручного оновлення баз правил [2]. ML-підхід забезпечує автоматичну адаптацію до нових векторів загроз і підвищення повноти до 97 % без втручання адміністратора [3, 4].

На ринку кібербезпеки станом на 2025–2026 роки домінують два підходи до захисту веб-трафіку. Сигнатурні WAF (ModSecurity, AWS WAF, Cloudflare WAF), що забезпечують мінімальну затримку (< 1 мс), але вразливі до обфускованих атак: за результатами досліджень, при подвійному URL-кодуванні SQL-ін'єкцій сигнатурні системи виявляють лише 29–38 % загроз [4]. Хмарні ML-сервіси (Google reCAPTCHA Enterprise, Imperva Advanced Bot Protection, F5 Distributed Cloud), які ефективні, проте залежні від стороннього постачальника та потребують передачі трафіку назовні. Вітчизняний ринок практично не має відкритих рішень із власноруч навченими ML-моделями для класифікації HTTP-трафіку, що зумовлює науковий і практичний інтерес до розробки такої системи [5].

У роботі запропоновано ML-модуль виявлення шкідливих HTTP-запитів, що реалізує ансамблевий підхід: паралельна робота XGBoost-класифікатора на 47-вимірному векторі ознак та символної згорткової мережі Char-CNN для текстових полів URI. Вектор ознак охоплює чотири підгрупи: статистичні (довжина URI, кількість параметрів), символні (ентропія Шеннона, розподіл спеціальних символів), семантичні (частота токенів атак: SELECT, UNION, SCRIPT) та контекстні (HTTP-метод, часові характеристики, репутація IP). Результати двох підмоделей об'єднуються стекінгом:

$$\hat{p} = \sigma(w_1 \cdot p_xgb + w_2 \cdot p_cnn + b)$$

де w_1 , w_2 , b – параметри мета-класифікатора, σ – сигмоїдна функція активації.

Механізм прийняття рішень реалізує три рівні реагування: PASS ($\hat{p} < 0.35$), CHALLENGE ($0.35 \leq \hat{p} < 0.85$) та BLOCK ($\hat{p} \geq 0.85$). Архітектура ML-модуля наведена на рис.

Модуль підтримує чотири режими інтеграції: як зворотний проксі перед

Nginx/Apache, як компонент WAF (ModSecurity), як самостійний мікросервіс FastAPI/Flask та як складова IDS/IPS. При недоступності ML-сервісу система автоматично переходить у режим rule-based фільтрації на основі регулярних виразів, що гарантує відмовостійкість. Медіанна затримка інференсу – 3–5 мс завдяки збереженню моделі у форматі ONNX. Навчання проводилось на датасеті CICIDS-2018 (940 000 записів), ансамблева конфігурація XGBoost + Char-CNN досягла Accuracy 98.7 %, Recall 97.4 %, ROC-AUC 0.996 [3].

Розроблена ML-тренована модель блокування небезпечних HTTP-запитів є актуальним і необхідним інструментом захисту цифрової інфраструктури. Захист серверів безпосередньо впливає на стабільність інформаційних систем, які обслуговують охорону здоров'я, енергетику, критичну інфраструктуру та персональні дані мільйонів людей.

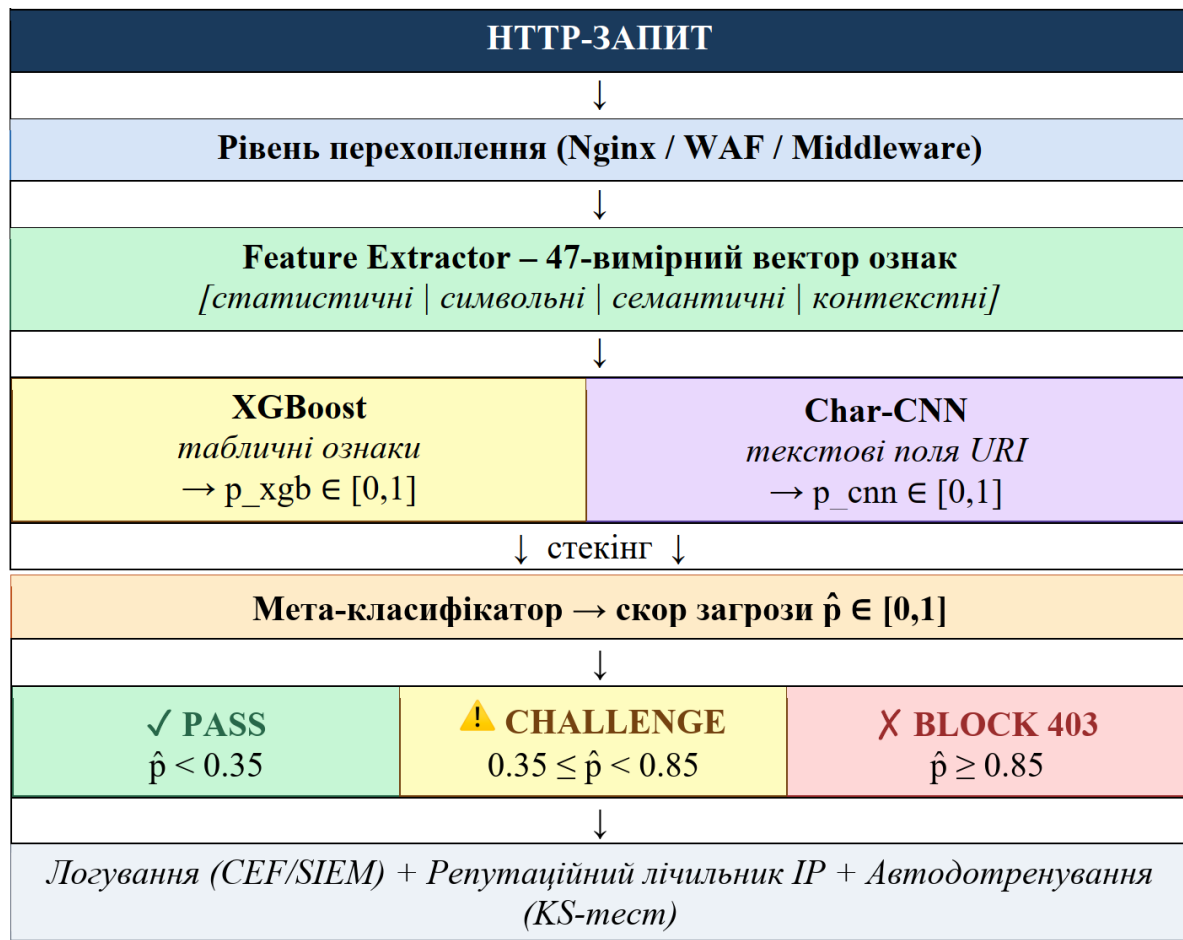


Рис. Архітектура ML-модуля виявлення шкідливих HTTP-запитів

Забезпечення кіберстійкості веб-сервісів є умовою нормального функціонування суспільства та захисту приватності громадян. Ансамблева архітектура XGBoost + Char-CNN перевершує сигнатурні системи за повнотою виявлення на 24.8 відсоткових пункти та завдяки механізму автотренування здатна адаптуватися до нових векторів загроз, не вимагаючи ручного оновлення правил. Це робить запропоноване рішення перспективним для впровадження у практику захисту веб-додатків державного та комерційного секторів.

Література

1. Кравчук Н. В. Безпечний доступ до серверів інформаційних систем, забезпечений ML-моделлю для блокування шкідливих запитів / Н.В. Кравчук, Т.І. Коробейнікова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2024. – Том 341, №5. – С. 327–333.
2. OWASP Top 10 – 2024. Open Web Application Security Project. URL: <https://owasp.org/Top10/> (дата звернення: 20.03.2025).
3. Aliero M.S. et al. SQL Injection Attack Detection Using Machine Learning Techniques. Journal of Cybersecurity and Privacy. 2022. Vol. 2. P. 338–355
4. Кравчук Н., Коробейнікова Т. (2024). Огляд проблематики захищеного доступу до вебсерверів. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 30, 78–89.
5. Коробейнікова Т. І., Кравчук Н. В. Інформаційна технологія ML-WAF для класифікації та блокування ін'єкційних атак у контейнеризованому веб-середовищі // Радіотехніка : всеукраїнський міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2026. – 223. – С. 100–110.

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ЗВЕДЕННЯ МАТЕРІАЛЬНИХ БАЛАНСІВ

Жушма Є.В., аспірант кафедри КНІ, Кардашук В.С., к.т.н.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Зведення матеріальних балансів у нафтопереробній промисловості є критичним етапом забезпечення достовірності виробничих даних, від яких залежить ухвалення технологічних та управлінських рішень. Первинні вимірювання потоків сировини, проміжних продуктів і товарної продукції на нафтопереробних заводах містять похибки, зумовлені нестабільністю властивостей нафти, похибками вимірювальних приладів, впливом температури та тиску. Це призводить до неможливості безпосереднього використання вимірних значень для моделювання та прогнозування виробництва.

Формалізація задачі зведення матеріальних балансів передбачає представлення моделі виробництва на нафтопереробному підприємстві у вигляді мережевої структури потоків, для якої задаються:

- множина вузлів (колони, реактори, резервуари, сепаратори);
- множина потоків (вхідних, вихідних, проміжних, циркуляційних, втрат);
- обмеження, що впливають із закону збереження маси;
- множина вимірювальних приладів з їх похибками;
- умова узгодженості фактичних і скоригованих вимірів потоків.

Узгодження матеріального балансу формулюється як задача оптимізації, у якій необхідно мінімізувати розбіжність між виміряними та коригованими даними за критерієм методу найменших квадратів (МНК) при одночасному виконанні матеріальних балансів у кожному вузлі системи.

Основою формування матеріального балансу в нафтопереробній промисловості є закон збереження маси, відповідно до якого маса речовини в технологічній системі не зникає та не виникає довільно, а лише переходить із одного потоку в інший або накопичується в обладнанні, тобто маса в замкнутій системі залишається сталою не зважаючи не на які фізичні або хімічні процеси які з нею відбуваються. Згідно з класичним формулюванням, маса на вході повинна дорівнювати сумі маси на виході з урахуванням залишків в системі та втрат.

Матеріальний баланс можна представити як:

$$\sum \text{Маса Вхідні потоки} = \sum \text{Маса Вихідні потоки} + \sum \text{Маса Залишки} + \sum \text{Маса Втрат} \quad (1)$$

де, $\sum \text{Маса Вхідні потоки}$ – сума мас вхідних потоків в систему

$\sum \text{Маса Вихідні потоки}$ – сума мас вихідних потоків в систему

$\sum \text{Маса Залишки}$ – сума мас залишків в системі

$\sum \text{Маса Втрат}$ – сума мас втрат в системі

У реальних умовах виміряні значення масових потоків часто не задовольняють цьому рівнянню через похибки вимірювальних приладів.

Для забезпечення коректності балансових розрахунків, пропонується математична модель зведення матеріального балансу, відповідно до якої виміряні значення розглядаються як такі, що містять похибки. Їх потрібно скоригувати так, щоб отримані скориговані значення були максимально близькими до фактичних значень вимірювань, коригування виміряного значення відбувалось в межах похибки вимірювального приладу та ступінь коригування виміряного значення відповідала величині похибки вимірювального приладу.

Основні типи потоків, що формують структуру матеріального балансу, можна класифікувати, як вхідні, вихідні (також втрати) та внутрішні (проміжні, циркуляційні) потоки.

Для багатовузлової технологічної системи всі локальні рівняння об'єднуються у глобальну систему балансових рівнянь, яка зазвичай має вигляд:

$$A * x = b, \quad (2)$$

де, A - матриця інцидентності потоків і вузлів, x - вектор масових потоків, b - вектор, що враховує акумуляцію та втрати.

Матриця A формується на основі структури технологічної схеми: кожен її рядок відповідає окремому вузлу, а кожен стовпець - конкретному потоку. Потік додається до рівняння з коефіцієнтом «+1», якщо він входить у вузол, і з коефіцієнтом «-1», якщо він виходить і «0» якщо він не має зв'язків з вузлом. Цей підхід забезпечує однозначну формалізацію схеми потоків незалежно від її топологічної складності.

Усі вимірювання масових потоків у нафтопереробній промисловості виконуються за допомогою конкретних приладів: витратомірів, вагових систем, рівнемірів, датчиків щільності тощо. Кожен з них має паспортну похибку, яка визначає, наскільки показане значення може відрізнитися від істинного. Тому всі виміряні значення необхідно розглядати як такі, що містять певну невизначеність.

Нехай x позначає істинне значення потоку, а z – виміряне приладом. Тоді вимірювання можна подати у вигляді:

$$z = x + e \quad (3)$$

де e - похибка, яка виникає через обмежену точність приладу.

У контексті зведення матеріального балансу це має важливі наслідки. Якщо прилад точний, його вимірювання змінюють мінімально. Якщо ж точність низька, система коригування може змінити його показ більше, оскільки прилад «дозволяє» більшу похибку. Таким чином, зведення матеріального балансу відбувається не довільно, а з урахуванням реальних технічних характеристик усіх приладів.

Усі похибки вимірювань об'єднуються в математичну модель за допомогою спеціальної матриці похибок, яка показує, які прилади точніші, а які — менш надійні. Це дозволяє системі правильно «розподілити» корекцію між різними вимірюваннями та виконати головну умову — дотримання закону збереження маси у всіх вузлах технологічної схеми.

Окремим важливим елементом структурованої схеми є модель вимірювань, оскільки у практичних умовах не всі потоки вимірюються напряму, частина з них отримується розрахунковим шляхом, а деякі зовсім не мають датчиків. Для формального відображення цієї відповідності між виміряними та істинними потоками використовується матриця спостереження H . Вона визначає, які саме компоненти вектору потоків x доступні у вигляді вимірювань z .

Якщо певний потік вимірюється безпосередньо (наприклад, витратоміром), то відповідному рядку матриці H відповідає одиничний стовпчик. Якщо потік не має власного сенсора — рядок містить нулі. У разі непрямих вимірювань датчик може відображати лінійну комбінацію потоків (наприклад, сумарний продукт або змішаний потік), що також легко описується структурою матриці H . Таким чином, матриця спостереження забезпечує зв'язок між реальними вимірюваннями та математичною моделлю потоків і формує загальне рівняння вимірювань:

$$z = Hx + e, \quad (4)$$

де z - вектор показів вимірювальних приладів, H - матриця спостереження, яка визначає відповідність між вимірюваними та істинними потоками, x - вектор істинних масових потоків, e - вектор похибок вимірювальних приладів.

У результаті побудови структурованої балансової схеми отримується повна математична специфікація моделі: матриця інцидентності A , матриця спостереження H , вектор правої частини b , множина технологічних обмежень, а також інформація про похибки приладів, що відображається у векторі e . Ця структурована модель слугує основою для узгодження вимірювань та формування навчальних даних для нейронної мережі.

Метод найменших квадратів (МНК) у задачах балансування.

Метод найменших квадратів є базовим інструментом для корекції (узгодження) вимірних значень потоків, забезпечуючи зведення матеріальних балансів при мінімальних змінах вихідних вимірів. Принцип методу полягає в мінімізації сумарного квадрата відхилень між вимірними та скоригованими значеннями потоків із урахуванням їхніх похибок.

Нехай z - вектор вимірних потоків, x - вектор їх істинних (скоригованих) значень, $e = z - x$ - вектор похибок вимірювання.

Тоді задача узгодження формулюється як оптимізаційна:

$$\min_x (z - x)^T W (z - x) \quad (5)$$

де, W – вагова матриця, яка є оберненою до матриці дисперсій похибок вимірювальних приладів.

Чим точніший прилад — тим більша його вага у матриці W , і відповідно — тим менший ступінь корекції його значення допускається під час балансування.

Процедура узгодження МНК виконується за умови виконання балансових рівнянь:

$$b = A \cdot x \quad (6)$$

де A - матриця ідентичності потоків і вузлів;

x – вектор масових потоків;

b – вектор, що враховує акумуляцію та втрати.

Розв'язання задачі МНК забезпечує отримання вектору x , який одночасно:

- мінімально відхиляється від вимірних значень;
- задовольняє закон збереження маси у всіх вузлах технологічної схеми.

Таким чином МНК є основним класичним методом для формування фізично коректного матеріального балансу.

Важливим аспектом узгодження даних є визначення впливу кожного вимірювального приладу на процес балансування. Вагові коефіцієнти, що входять до матриці W , визначаються на основі паспортних похибок приладів. Менш точні прилади мають менші ваги, тому їх покази можуть коригуватися у більшій мірі.

Вагова матриця W має вигляд:

$$W = \Sigma^{-1}, \quad (7)$$

де, Σ – діагональна матриця дисперсій похибок.

АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ РЕНДЕРИНГУ ДЛЯ ВЕЛИКИХ ТРИВИМІРНИХ СЦЕН

Завальнюк Є. К., аспірант

Вінницький національний технічний університет

Особливості проектування програмних систем 3D-рендерингу [1] визначають як і реалістичність, так і продуктивність формування зображень. Для сучасних систем тривимірного рендерингу характерним є зростання складності полігональних моделей об'єктів, збільшення деталізації текстур, кількості джерел освітлення. Тому актуальним є створення програмних архітектур, що забезпечать високу масштабованість і продуктивність тривимірних систем рендерингу. Основним завданням розробки таких архітектур є забезпечення високопродуктивного формування зображень шляхом ефективної обробки великих масивів графічних даних.

Метою роботи є аналіз особливостей побудови архітектур програмних систем рендерингу великих тривимірних сцен.

Розглянемо бажані властивості архітектур програмних систем рендерингу [2] великих тривимірних сцен. Доцільною є багаторівнена модульна організація програмної архітектури. Це передбачає поділ програмної системи на компоненти, кожен з яких відповідає за певну складову обчислень. Як правило, перелік підсистем і модулів програмних систем рендерингу включає підсистему управління сценою, модуль геометричної обробки, підсистему управління ресурсами, модулі освітлення та шейдингу, оптимізації рендерингу, прискорення GPU. Модульна організація сприяє гнучкості, масштабованості, легкості модифікації програмної системи, а також ефективності управління обчислювальними ресурсами.

Підсистема управління сценою повинна забезпечити оптимальну організацію об'єктів сцени. Оскільки тривимірна сцена може містити сотні тисяч або мільйони полігонів, для ефективної їх обробки необхідно використовувати спеціальні структури даних. До таких структур даних належать ієрархії обмежувальних об'ємів, октодерева, рівномірні сітки, BSP-дерева, графи об'єктів сцени. Дані структури дозволяють суттєво зменшити обсяг обчислень, система обробляє лише об'єкти в зоні видимості камери.

Модуль геометричної обробки відповідає за обробку геометричних даних об'єктів сцени як основу подальшої її візуалізації. До об'єктів великих сцен оптимальним є застосування різних рівнів деталізації, залежно від їх розташування в сцені, відстані від камери та складності поверхонь. Це дозволяє зменшити число полігонів для обробки.

Важливим є коректне проектування підсистеми управління ресурсами. Для великих сцен характерною є значна кількість об'єктів, відповідних їм текстур і матеріалів. Тому необхідним є застосування ефективних механізмів зберігання графічних даних у пам'яті й доступу до них. Поширеним є використання потокового завантаження ресурсів, що забезпечує підвантаження необхідних ресурсів під час роботи програми, обробку значних обсягів графічних даних і дозволяє зменшити вимоги до оперативної пам'яті.

Оскільки сучасні графічні процесори (GPU) забезпечують високоефективне розпаралелення обчислювальних завдань, системи рендерингу повинні максимально оптимально використовувати можливості GPU. Це є особливо актуальним для візуалізації великих сцен. Тому важливим є використання механізмів багатопотокового програмування, а також спеціальних інтерфейсів, що забезпечують ефективну взаємодію між центральним і графічним процесорами. Описані функції можуть бути реалізовані в модулі прискорення GPU.

Модуль оптимізації рендерингу призначений для зменшення обчислювального навантаження під час візуалізації тривимірної сцени. Модуль передбачає реалізацію

алгоритмів визначення ділянок видимості, вилучення невидимих поверхонь, оптимізацію використання z-буфера. У результаті, суттєво зменшується число обчислювальних операцій, що особливо важливо при обробці даних великих сцен.

При реалізації модуля освітлення та шейдингу доцільно застосовувати найпростіші моделі відбиття світла, що забезпечать прийнятну точність відтворення відблисків.

Важливо зазначити, що сучасні системи рендерингу полягають у використанні багаторівневої організації графічного конвеєра [3], де кожен етап відповідає чітко визначеній функції. Така організація забезпечує ефективний розподіл обчислювальних завдань між різними апаратними складовими та швидке формування кадрів.

На рис. зображено типову архітектуру програмної системи для рендерингу великих тривимірних сцен. Схема запропонована автором дослідження та відповідає описаним вище програмним складовим.

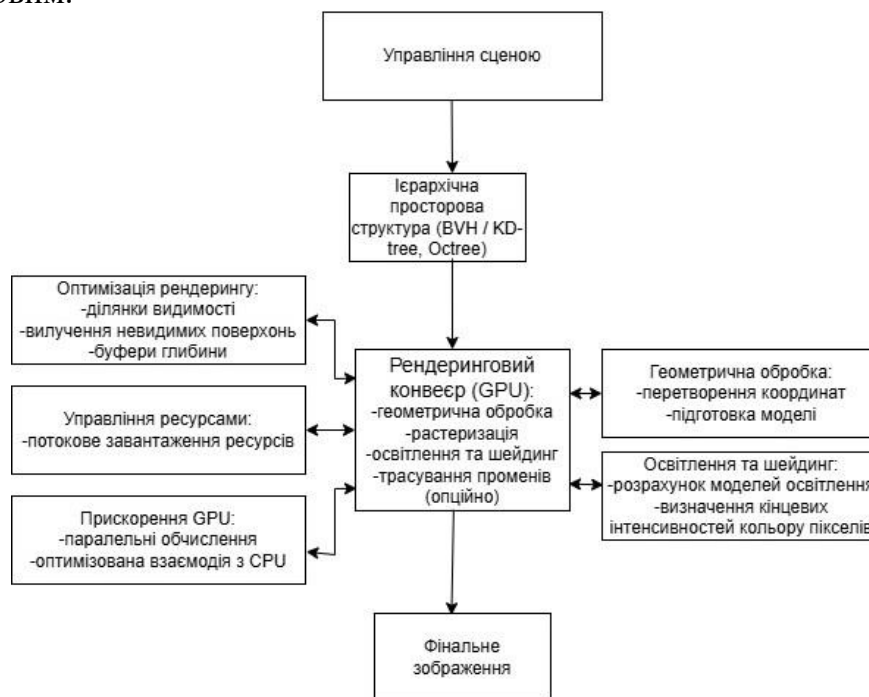


Рисунок – Типова архітектура системи для 3D-рендерингу великих сцен

Отже, поєднання модульної організації, просторових структур даних, оптимізованих геометричних моделей, паралельних обчислень забезпечує ефективну обробку складних 3D-сцен і високоякісну візуалізацію зображень в реальному часі.

Література

1. Романюк О. Н., Романюк О. В., Чехмestрук Р. Ю. Комп'ютерна графіка. Вінниця : ВНТУ, 2023. 147 с.
2. Особливості архітектурної побудови програмних систем рендерингу / О. Н. Романюк та ін. Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація–2025». Одеса, 2025. С. 793—795.
3. Analysis of graphics pipelines / O. Romanyuk et al. Innovation in modern science ' 2024. Karlsruhe, 2024. Pp. 71—80.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МІДЬВМІСНИХ РОЗЧИНІВ

Гудков А. Є., Зубцов Є. І. к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Забруднення і виснаження водних ресурсів є однією з найважливіших проблем сучасності. Основою всього комплексу заходів з охорони водойм від забруднення стічними водами є створення і розвиток замкнених систем промислового водопостачання, застосування ефективних способів очищення початкових потоків стічної води з урахуванням повторного їх використання.

Відпрацьовані розчини, що утворюються у великих кількостях на підприємствах машинобудівного та металургійного комплексу, виробництвах каталізаторів, надтвердих матеріалів та неорганічних пігментів, з одного боку, відносяться до небезпечних забруднювачів природного середовища, а з іншого - є вторинними джерелами отримання багатьох кольорових металів. Значна вартість і дефіцитність кольорових металів роблять завдання утилізації відпрацьованих електролітів з відходів виробництва і споживання все більш актуальною. Загальними недоліками існуючих технологій вилучення іонів важких та кольорових металів зокрема міді є застосування дорогих реагентів та обладнання, складність експлуатації, а також безповоротна їх втрата [1].

Розроблені, а також відомі в даний час технології утилізації подібних відходів не дозволяють отримувати продукти, які можна легко утилізувати, і тому їх частіше за все збирають в шламонакопичувачах. Це призводить з одного боку до безповоротних втрат мідьвмісної сировини, а з іншого – до забруднення довкілля високотоксичними відходами. Вирішення даної екологічної проблеми має бути пов'язано з розробкою локальної технології утилізації мідьвмісних відпрацьованих розчинів з отриманням ліквідних продуктів.

На даний час універсальних прийомів очищення виробничих стоків від міді не існує. Для очищення стоків використовуються різні методи: реагентні, електро- та гальванокоагуляційні, іонообмінні, електродіалізні, сорбційні, мембранне розділення, біологічні та ін. Кожен з цих методів має свої характерні переваги та недоліки.

Для порівняння ефективності методів очищення і чіткого уявлення про наслідки очищення виробничих стічних вод використовується SWOT-аналіз. Він являє собою метод стратегічного планування, що полягає у виявленні факторів впливу внутрішнього і зовнішнього середовища організації і поділі їх на категорії, які складають матрицю SWOT-аналізу. SWOT-аналіз методів очищення стічних вод від міді дозволяє оцінити їх сильні і слабкі сторони, можливості для розвитку і загрози, пов'язані із застосуванням.

На основі SWOT-аналізу було здійснено оцінку декілька методів очищення виробничих стічних вод від іонів купруму, зокрема, методів іонного обміну, реагентного, сорбційного, електрохімічного та мембранного. Кожен із методів має свої переваги, недоліки, загрози, що виникають у зовнішньому середовищі та можливості процесу, використання яких створює нові переваги.

Іонообмінні методи очищення дозволяють вести обробку великих об'ємів розчинів (до сотень м³/годину), вимагають порівняно невеликої витрати електроенергії, є можливість повної автоматизації процесу. У той же час іонообмінні методи мають істотні недоліки: вимагають попередньої реагентної обробки відпрацьованих розчинів з метою поділу змішаних стоків і потребують значних витрат на придбання іонітів. Існує також проблема елюатів, які повинні бути додатково перероблені в утилізовані речовини. Без вирішення проблеми утилізації елюатів іонообмінне очищення призводить до збільшення майже в три рази сумарної кількості сольових скидів.

До переваг сорбційного методу слід віднести: очищення до вимог ГДК; можливість рекуперації речовин, що сорбуються; після коригування рН є можливість повернення

очищеної води у виробництво. Але метод не позбавлений і недоліків, до яких можна віднести: невисоку продуктивність сорбційних установок; природні сорбенти застосовні для обмеженого кола домішок і їх концентрацій; громіздкість устаткування; обмеження роботи матеріалів за областями рН вихідної води; складність регенерації.

Перевагою електрохімічних методів відновлення купруму (зокрема, із застосуванням діафрагм) є швидкість і повнота відновлення. Однак процес вимагає точного дотримання параметрів стоків, що надходять на очистку, чого в реальних виробничих умовах домогтися дуже складно. Крім цього, до складу стоків можуть входити сторонні іони, які заважають процесу відновлення. Осадів під час електролізу не утворюється. Незважаючи на всі переваги, електрохімічне відновлення нечасто застосовується у реальних гальванічних виробництвах через складність обладнання і загальну дорожнечу процесу.

Мембранні технології дозволяють досягти високого ступеню очищення стічних вод, є можливість отримання води, придатної для оборотного водопостачання, але технологія має значну вартість устаткування та експлуатації, існує необхідність попередньої підготовки води (видалення великих часток, зниження концентрації солей), проблема утилізації концентратів, що утворюються в процесі очищення, мембрани мають обмежений термін служби.

До сильних сторін реагентного методу можна віднести: простота реалізації і доступність устаткування, ефективність при високих концентраціях міді, можливість комплексного очищення від декількох важких металів одночасно, низька вартість в порівнянні з мембранними системами. Щодо недоліків даного методу, то це значна витрата реагентів, утворення значних об'ємів, необхідність точного контролю рН в діапазоні 9-11, підвищення солемісту очищених стоків за рахунок внесення реагентів, що вимагає додаткової доочистки.

Приведений аналіз свідчить, що жоден з методів не можна вважати універсальним, тобто одночасно ефективним і дешевим. Для глобального вирішення проблеми необхідно розробити план для перетворення слабких сторін в сильні та знизити їх вплив на процес до мінімуму.

Одним з можливих рішень для ефективного управління промисловими стоками і повернення цих матеріалів у виробництво є використання методів обробки стоків, що дозволяють отримувати індивідуальні концентрати металів. Цей підхід має кілька переваг:

- рециклінг ресурсів: збирання і відновлення металевих матеріалів з промислових стоків дозволяє їх повторно використовувати у виробничих процесах, що зменшує потребу у видобуванні нових руд і допомагає зберегти природні ресурси;

- економічна вигода: отримання індивідуальних концентратів металів дозволяє створити додаткові джерела прибутку; ці концентрати можуть бути реалізовані на ринку вторинної сировини або використані власним виробництвом, що сприяє зменшенню витрат на закупівлю нових матеріалів;

- зменшення впливу на довкілля: повернення металевих матеріалів у виробництво зменшує потребу у нових видобутках, що сприяє зменшенню забруднення довкілля і негативного впливу на біорізноманіття та збереженню природних ресурсів.

Таким чином, технології утилізації мідьвмісних відпрацьованих розчинів, що використовуються в теперішній час, є енергетично- і матеріалоємними і не дозволяють отримувати продукти переробки, які можуть бути легко утилізовані. Найдоцільніше з технологічної і екологічної точки зору є осадження сполук міді карбонатними осаджувачами з отриманням купрум (II) гідроксокарбонату.

Література

1. Донченко М.І., Фроленкова С.В. Екологічна безпека гальванотехніки. Ч. 1. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 202 с.

ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ В УМОВАХ СУЧАСНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Кіральгазі І.І., Жмуренко М.А., Луганський П.М.

Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»

Інтерес до вирощування промислових (технічних) конопель в Україні зростає з кожним роком. Культура є економічно привабливою та екологічно перспективною: за належної технології може забезпечувати врожай насіння на рівні 1,2–1,6 т/га, а вихід волокна — понад 3 т/га. Промислова конопля формує значну біомасу, придатну для використання у різних галузях — від харчової та текстильної до будівельної й композитної.

Найбільш відповідальним і технологічно «чутливим» етапом коноплярства є збирання врожаю. Причина — висока міцність і волокнистість стебла, значні обсяги рослинної маси та різні цілі вирощування. Саме тому підбір збиральної техніки, її підготовка та налаштування визначають втрати врожаю, безпечність роботи, продуктивність і якість отриманої сировини.

У сучасному землеробстві застосовують три основні сценарії збирання промислових конопель: 1) збирання на насіння; 2) збирання на волокно (зелений напрям); 3) двобічне використання — насіння плюс стеблова маса (треста). Кожен сценарій має власний машинно-технологічний ланцюжок та вимоги до техніки. [1]

Збирання на насіння найчастіше організовують за принципом прямого комбайнування зернозбиральним комбайном. Ринок аграрної техніки пропонує широкий спектр машин (Claas, John Deere, New Holland, Case IH та ін.), здатних працювати по насінневих посівах конопель. Однак ключове значення мають адаптації та налаштування під волокнисту культуру: підвищений зріз (збирання переважно верхньої насінневої частини), контроль подачі маси, зменшення ризику намотування стебел, добір режимів обмолоту і очистки. Практика вимагає постійного контролю чистоти робочих органів, своєчасного очищення критичних зон і дотримання пожежної безпеки в полі.

Перспективним рішенням для насінневого напрямку є використання адаптованих жаток, що зменшують надходження довгих стебел у молотильну частину, зокрема жаток-«причісувачів» або спеціалізованих приставок. Такі рішення дозволяють знизити навантаження на комбайн, підвищити продуктивність і зменшити простой на очищення.

Збирання на волокно (зелений напрям) орієнтоване на отримання якісної стеблової маси з подальшим формуванням трести. Технологічний ланцюжок зазвичай включає скошування стеблостою, укладання у стрічки або валки, природне вилежування (реттинг), перегортання для рівномірного процесу, підбирання та пресування у рулони або тюки. Технічно використовують косарки/жатки, валкоутворювачі, ворушилки або перегортачі, прес-підбирачі та транспортні засоби для логістики. За підвищених вимог до якості волокна або великих площ можливе залучення спеціалізованих коноплезбиральних машин, проте на практиці часто застосовують адаптовані рішення на базі наявного парку техніки.

Двобічне використання (насіння + треста) передбачає поєднання двох технологій. Спочатку збирають насінневу частину прямим комбайнуванням, після чого організовують збирання стебел: скошування, формування валків, вилежування, підбирання та пресування. Важливо завчасно планувати логістику та місця складування тюків/рулонів, адже саме післязбиральні операції часто визначають реальну економіку технології.

Практичні висновки для сучасного господарства такі. По-перше, техніка для збирання промислових конопель у значній мірі базується на стандартному парку машин, але потребує правильного сценарного планування. По-друге, найбільші ризики зосереджені у роботі зі стеблом (намотування, забивання, знос вузлів, пожежна небезпека), тому потрібні

технологічна дисципліна та регламентне обслуговування техніки. По-третє, вибір напрямку вирощування (насіння, волокно чи двобічно) має прийматися до початку сезону — саме він визначає потребу в агрегатах, підрядних послугах та інфраструктурі доробки і зберігання.

Отже, за умови грамотного підбору машин, налаштувань і організації робіт збирання промислових конопель може бути ефективно інтегроване в сучасне землеробство України та забезпечити стабільну сировинну базу для переробки і розвитку конопляної галузі.

Література

1. Короченченко С.П., Мохер Ю.В., Жулатова Л.М., Примаков О.А. Промислові коноплі. Збирання та первинна переробка : монографія. Харків : Бровін, 2024. 92 с.

ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ РЕКТИФІКАЦІЇ ЕТАНОЛУ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОГО КЕРУВАННЯ

Куліков О.С., Лорія М.Г. д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Ректифікація етанолу є одним із ключових технологічних процесів у виробництві спиртовмісної продукції, біоетанолу, фармацевтичних і хімічних компонентів. Основним завданням цього процесу є розділення водно-спиртової суміші з отриманням дистиляту заданої концентрації. Якість готового продукту безпосередньо залежить від стабільності температурного режиму колони, флегмового числа, витрати пари в кип'ятильник, складу живлення, тиску в колоні та ефективності масообміну між паровою і рідинною фазами. Навіть незначні зміни концентрації етанолу у вихідній бражці або коливання витрати живлення можуть призвести до погіршення складу дистиляту, збільшення енергетичних витрат і порушення нормального режиму роботи установки.

Майбутнє дисертаційне дослідження, присвячене автоматизації процесів управління колоною ректифікації у виробництві етанолу, доцільно спрямувати не лише на опис існуючих систем автоматизації, а на розробку структури комп'ютерно-інтегрованого керування, яка враховує динамічну поведінку колони, взаємозв'язок між технологічними параметрами та необхідність підтримання якості дистиляту в умовах збурень. Ректифікаційна колона в цьому випадку розглядається як складний багатопараметричний об'єкт керування з розподіленими параметрами, де зміна одного впливу може одночасно позначатися на температурному профілі, концентрації етанолу в дистиляті та складі кубового залишку.

Основними регульованими величинами в системі можуть бути концентрація етанолу в дистиляті, температура у верхній частині колони, температура в кубовій частині, тиск у колоні, рівень у кубі та рівень у флегмовій ємності. Керувальними діями є зміна подачі гріючої пари в кип'ятильник, витрати флегми, витрати живлення, відбору дистиляту та відведення кубового залишку. До основних збурювальних впливів належать зміна концентрації спирту в бражці, нерівномірна подача сировини, коливання температури живлення, зміна тиску пари та нестабільність роботи холодильника-конденсатора.

Для такої системи доцільно передбачити багаторівневу структуру керування. На нижньому рівні реалізуються локальні контури регулювання температури, тиску, рівня та витрат. На рівні PLC здійснюється обробка сигналів від датчиків, формування керувальних дій на клапани подачі пари, флегми та продукту. На верхньому рівні SCADA-система забезпечує візуалізацію технологічної схеми, контроль аварійних ситуацій, архівування параметрів, побудову трендів і аналіз режимів роботи колони. Особливе значення має контур стабілізації концентрації етанолу в дистиляті, який може працювати через корекцію флегмового числа або подачі пари залежно від відхилення якості продукту від заданого значення.

Для дослідження системи керування необхідно побудувати математичну модель ректифікаційної колони, яка враховує матеріальні баланси по етанолу і воді, теплові баланси, фазову рівновагу та динаміку масообміну на тарілках або в насадковому шарі. У спрощеному вигляді зміна концентрації легколеткого компонента на окремому ступені колони може бути описана рівнянням:

$$M_i \frac{dx_i}{dt} = L_{i+1}x_{i+1} + V_{i-1}y_{i-1} - L_i x_i - V_i y_i + F_i z_F, \quad (1)$$

де M_i — утримання рідини на ступені, x_i — концентрація етанолу в рідкій фазі, y_i — концентрація етанолу в паровій фазі, L_i — витрата рідкої фази, V_i — витрата парової фази, F_i — витрата живлення, z_F — концентрація етанолу у вихідній суміші. Така модель дає змогу дослідити, як зміна живлення або флегмового числа впливає на концентрацію етанолу у верхньому продукті та на стійкість роботи колони.

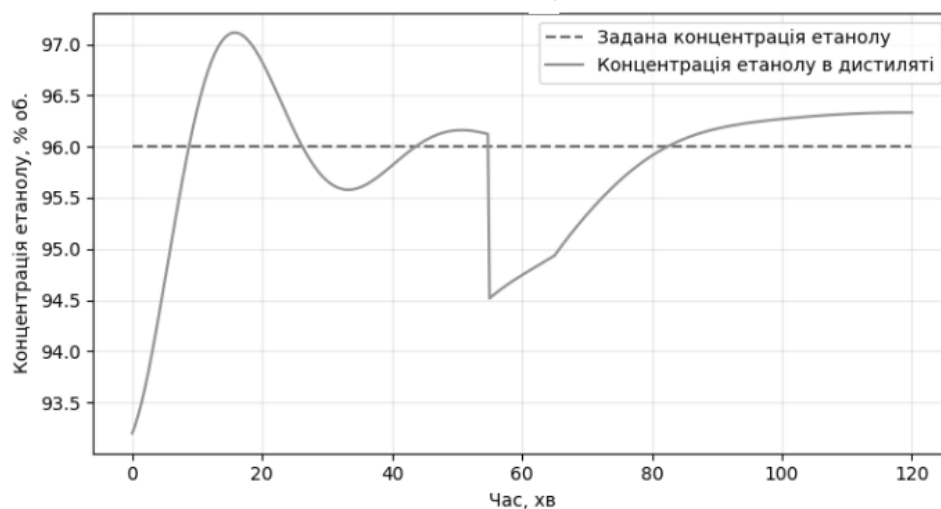


Рисунок — Динаміка стабілізації концентрації етанолу в дистиляті

Такий графік демонструє реакцію системи керування на збурення, наприклад на зниження концентрації етанолу у вихідній бражці. За графіком можна оцінити час відновлення режиму, величину відхилення, наявність перерегулювання та ефективність автоматичного регулювання.

Очікуваним результатом дослідження є розробка структури комп'ютерно-інтегрованої системи керування ректифікаційною колоною, яка забезпечує стабілізацію концентрації етанолу в дистиляті при зміні параметрів живлення та режиму теплообміну. Практичне значення роботи полягає у можливості зниження втрат етанолу з кубовим залишком, підвищення стабільності якості готового продукту, зменшення енергоспоживання та покращення роботи операторського контролю за рахунок використання PLC і SCADA-засобів.

Таким чином, автоматизація управління колоною ректифікації у виробництві етанолу є актуальним напрямом, що поєднує технологічний аналіз, математичне моделювання, автоматичне регулювання та комп'ютерну візуалізацію. На відміну від простого підтримання окремих параметрів, запропонований підхід передбачає узгоджене керування температурним режимом, флегмовим числом, подачею пари та якістю дистиляту. Це створює основу для підвищення ефективності ректифікаційного процесу та подальшого впровадження оптимізаційних алгоритмів керування.

HAZARDOUS PROPERTIES OF COAL SEAMS AS A RISK FACTOR FOR CIVIL SAFETY IN THE COAL MINING INDUSTRY

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Analysis of mining accidents in coal industry over the past several decades demonstrates that the occurrence of underground emergencies is determined by a complex and interdependent interaction of three fundamental groups of factors [1]. The first group includes natural hazardous properties of coal seams formed during long-term geological processes. The second group is represented by mining and geological conditions of deposit occurrence. The third group comprises technological and operational parameters of coal mining enterprises.

A mining accident typically results from a critical combination of parameters from all three groups. However, identifying precise causal relationships remains a complex scientific problem due to the nonlinear nature of interactions between factors and the inability to reproduce accident conditions under controlled circumstances.

Natural Hazardous Properties of Coal Seams

The first group of factors is associated with the geological formation of coal seams, during which specific hazardous properties are inherently developed. These properties are a result of long-term metamorphic and geochemical processes acting on organic material.

The most significant hazardous characteristics include:

- elevated gas content in coal seams and intensive methane emission into mine workings;
- sudden coal and gas outbursts caused by stress redistribution in the rock mass;
- spontaneous combustion susceptibility of coal due to physicochemical instability;
- formation of explosive coal dust-air mixtures, especially in the presence of methane;
- additional properties that complicate safe extraction of coal seams under underground conditions.

These features represent the primary source of high-risk conditions in underground mining and are particularly difficult to predict and control using conventional engineering methods.

Mining and Geological Conditions of Deposits

The second group of factors includes mining and geological characteristics that define the natural conditions of coal deposit development. These parameters determine the structural behavior of the rock mass and influence the stability of underground excavations.

Key parameters include:

- seam thickness and spatial distribution of coal seams, including closely spaced or multiple seam systems;
- mechanical strength and deformation properties of surrounding rock formations;
- degree of fracturing and structural heterogeneity of rock masses;
- hydrogeological conditions, including water inflow intensity and aquifer interaction.

These factors play a decisive role in selecting mining technologies, determining excavation stability, and ensuring safe operational conditions.

Technological Parameters of Mine Operation

The third group of factors reflects the technological organization of mining operations and includes engineering systems and operational decisions that ensure mine functionality.

These include:

- mine opening, development, and extraction system design;
- ventilation schemes ensuring air circulation and gas dilution;
- drainage systems for groundwater control and mine dewatering;
- transportation systems for coal, materials, and equipment;
- logistics and organization of workforce access to working areas.

Although these parameters are relatively well controlled and defined at the design stage, their effectiveness depends on compatibility with geological conditions and proper adaptation to hazardous properties of coal seams.

Formation of Emergency Conditions

Underground mining accidents occur when a critical interaction between parameters of all three groups is reached. Such conditions arise from the combined influence of natural geological properties, mining environment characteristics, and technological decisions.

The complexity of identifying the exact combination of factors responsible for accident initiation is related to: the stochastic nature of geological processes; variability of stress and gas distribution in rock masses; limited ability to reproduce real mining conditions experimentally.

As a result, accident investigations often attribute causes to isolated factors such as human error or local natural phenomena, while the systemic interaction of all contributing factors remains insufficiently analyzed.

Structure of Mining Accidents in Global Coal-Producing Countries

Statistical analysis of mining accidents in major coal-producing countries over recent decades allows classification of incidents into two principal categories:

accidents caused by the manifestation of inherent hazardous properties of coal seams, including gas outbursts, methane explosions, spontaneous combustion, and coal dust explosions;

accidents of technical or organizational origin, not directly associated with the geological properties of coal seams.

It has been established that the most severe accidents in terms of human casualties are predominantly associated with the first category. In many cases, the number of fatalities resulting from such events significantly exceeds those caused by other types of mining accidents.

This indicates that natural hazardous properties of coal seams remain a dominant factor influencing the level of civil safety in the coal mining industry.

Metamorphism as a Factor in Coal Property Formation

In scientific and regulatory literature, the development of hazardous properties in coal seams is commonly associated with the degree of coal metamorphism. Metamorphism is defined as a geological process involving the transformation of organic material under the influence of pressure, temperature, and chemically active fluids. This process leads to changes in the chemical composition, structure, and physical properties of coal. However, existing interpretations of metamorphism vary significantly between geological theory and industrial regulatory practice. In particular, regulatory frameworks often reduce metamorphism to indirect indicators that do not fully reflect the complexity of geological transformation processes.

Conclusions. The conducted analysis confirms that accident occurrence in coal mining is governed by a complex interaction of natural, geological, and technological factors, with the most uncertain component being the intrinsic hazardous properties of coal seams formed during geological evolution.

Existing regulatory approaches require significant refinement to improve the accuracy of hazard prediction and to enhance the overall level of civil safety in underground coal mining.

Future research should focus on: improving understanding of mechanisms governing the formation of hazardous coal seam properties; developing scientifically grounded criteria for their assessment; enhancing predictive models for accident prevention in underground mining environments.

Reference

1. Руднєв Є.С., Антощенко М.І., Попович В.А. Небезпечні властивості шахтопластів та аварії в основних вугледобувних країнах світу. Збірник наукових праць Національного гірничого університету. 2022. № 70. С. 36-45. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/70.036>

ELECTRICAL CONVERTERS IN MODERN ELECTRIC DRIVES: DEVELOPMENT TRENDS AND APPLICATION OF GaN TECHNOLOGY

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Bashtovyi M.O. student of group EE-24д
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Power electronic converters are essential components of modern electric drive systems, enabling efficient energy conversion and advanced control. The rapid development of semiconductor technologies, particularly wide bandgap materials such as silicon carbide (SiC) and gallium nitride (GaN), has significantly improved converter performance. This paper presents an extended analysis of converter structures, operating principles, and modern trends with a focus on GaN-based devices, their advantages, limitations, and application prospects [1-3].

Modern electric drives are widely used in industry, transportation, robotics, and бытовых applications. Regardless of power level, nearly all electric drives incorporate a power electronic converter that performs energy transformation and control functions [2-3].

The supply of electric drives is typically provided by electrical networks with varying characteristics, including: alternating current (AC) or direct current (DC); different voltage levels; varying frequency and phase configurations.

In advanced applications such as electric transport systems, the supply parameters may change dynamically along the route (e.g., AC/DC switching, voltage variation). Under such conditions, the converter ensures proper matching between the power source and the electric machine.

Structure and Role of Power Converters

A typical power converter includes the following components:

- semiconductor switches (MOSFET, IGBT, GaN HEMT),
- diodes,
- capacitors,
- inductors,
- resistors.

The converter performs several key functions: voltage and current transformation; frequency conversion; energy flow control; ensuring the required dynamic characteristics of the drive.

Importantly, the control system interacts directly only with semiconductor switches, generating control signals (e.g., PWM). All other elements are passive but critically influence system dynamics and efficiency.

Measured signals in modern drives include: currents and voltages; motor speed and torque; rotor position; temperature of components.

Trends in Power Electronics Development

The evolution of power electronics is characterized by:

- increasing switching frequencies,
- reduction of conduction and switching losses,
- miniaturization of components,
- increasing the specific power (power density).

For example: classical silicon converters operate at 10–50 kHz; modern SiC converters reach 100–500 kHz; GaN-based converters can exceed 1–3 MHz.

Wide Bandgap Semiconductors

Traditional silicon technology is approaching its physical limits in terms of: breakdown voltage; switching speed; thermal performance.

Wide bandgap materials provide significant improvements (Tab.) [1].

These properties result in: higher efficiency; higher voltage capability; reduced cooling requirements.

Table.

Material	Bandgap (eV)	Breakdown field (MV/cm)	Max temp (°C)
Si	1.1	0.3	~150
SiC	3.2	3.0	~300–400
GaN	3.4	3.3	~200–300

GaN Transistors: Physical and Electrical Advantages [2-3].

GaN transistors (typically HEMT structures) exhibit: electron mobility $\approx 2000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$; critical electric field $\approx 3.3 \text{ MV/cm}$; very low gate charge ($Q_g \downarrow 5\text{--}10\times$ vs Si MOSFET)

This leads to: ultra-fast switching; low switching energy.

Experimental studies show that replacing Si MOSFETs with GaN transistors in DC-DC converters can: reduce switching losses by up to 70–80%; increase efficiency by 2–4%; reduce converter size by 30–60%.

Application Areas of GaN Technology

GaN devices are especially effective in: switching power supplies (SMPS); data centers and server power systems; telecommunications equipment; electric vehicles (on-board chargers); compact electric drives; aerospace and defense systems.

Example: A 1 kW GaN-based converter operating at 1 MHz may achieve: efficiency $\approx 98.5\%$; volume reduction $\approx 50\%$ compared to Si-based design.

Design Challenges

Despite advantages, GaN technology introduces several challenges:

- High $dv/dt \rightarrow$ electromagnetic interference (EMI)
- Sensitive gate control (low threshold voltage)
- PCB layout criticality
- Limited short-circuit robustness

These issues require: optimized PCB design; advanced gate drivers; careful thermal management; improved protection circuits.

Conclusion

Power electronic converters remain the central element of modern electric drives. The transition from silicon to wide bandgap semiconductors represents a major technological shift.

GaN transistors provide: highest switching speed; lowest losses; maximum power density.

Their implementation enables: compact and lightweight converters; improved efficiency; advanced control strategies.

Future research directions include: modeling of GaN-based converters; development of high-frequency control algorithms; integration of passive components; reliability and thermal optimization.

Reference

1. Prado E. O., de Almeida A. T., Ferreira F. J. T. E. An overview about Si, SiC and GaN power MOSFET technologies. *Energies*. 2022. Vol. 15, No. 14. P. 5244. <https://doi.org/10.3390/en15145244>

2. Buffolo M., De Santi C., Meneghini M., Meneghesso G., Zanoni E. Review and outlook on GaN and SiC power devices: industrial state-of-the-art, applications and perspectives. *IEEE Transactions on Electron Devices*. 2024. Vol. 71, No. 1. P. 1–14. <https://doi.org/10.1109/TED.2023.3321234>.

3. Li K., Chow T. P., Cheng K. W. E. SiC and GaN power semiconductor devices: a theoretical comparison and experimental evaluation. *IET Power Electronics*. 2018. Vol. 11, No. 7. P. 1288–1296. <https://doi.org/10.1049/iet-pel.2017.0602>.

THE EFFECT OF DEAD TIME ON INVERTER OUTPUT VOLTAGE AND METHODS OF ITS COMPENSATION IN ELECTRIC DRIVES

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Maiboroda M.V. student of group EE-23д
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Modern electric drives widely employ transistor-based inverters to generate supply voltages for electrical machines. The introduction of dead time between switching events is essential to prevent shoot-through currents in inverter legs.

However, dead time causes distortion of the output voltage, reduces linearity, and negatively affects energy performance. These effects become particularly significant at low speeds, where the inverter output voltage is comparable to the dead-time-induced voltage error.

According to Joachim Holtz [1], dead time is one of the major sources of nonlinearity in PWM-based power converters and must be compensated to achieve high control accuracy.

Effect of Dead Time on Output Voltage

The physical mechanism of dead-time-induced distortion is strongly dependent on the direction of the phase current and the switching states of the inverter legs. Dead time is introduced between the turn-off of one switch and the turn-on of its complementary device to avoid shoot-through currents. During this interval, the current is forced to flow through the antiparallel (freewheeling) diodes, which alters the effective output voltage.

For an inverter leg, two main cases can be distinguished:

- Outgoing current (current flowing from the inverter to the load). The current commutates through the lower diode during dead time, effectively reducing the average phase voltage.
- Incoming current (current flowing from the load to the inverter). The current flows through the upper diode, causing an increase in the effective phase voltage.

As a result, the actual output voltage deviates from the reference value generated by the PWM algorithm. This deviation introduces a nonlinear error that depends on both the current direction and the duration of the dead time.

Key negative effects

The presence of dead time leads to several detrimental effects on inverter performance and electric drive operation

Systematic voltage error. Up to 5–10% at low modulation indices, resulting in reduced voltage accuracy and distorted voltage vectors.

Increase in total harmonic distortion (THD). Typically increases by 10–20%, especially in low-speed operating conditions.

Torque ripple increase. Dead-time-induced voltage distortion directly affects stator currents, leading to torque pulsations of up to 15–30%, which can cause mechanical vibrations and acoustic noise.

Degradation of speed control accuracy. The nonlinear voltage error introduces steady-state and dynamic errors, reducing control accuracy by up to $\pm 5\%$.

Current waveform distortion. The current waveform deviates from its ideal sinusoidal shape, increasing losses in the machine windings.

Additional power losses. Harmonic currents increase copper and iron losses, reducing overall system efficiency.

Critical condition: zero-crossing. The most critical condition occurs during current zero-crossing, when the error changes sign abruptly. This creates a disturbance for current controllers, leading to oscillations, increased settling time, and degraded low-speed performance.

Dead time introduces a nonlinear, current-dependent voltage error that significantly affects voltage quality, torque production, and control accuracy, especially in high-performance drives. Therefore, its compensation is essential for modern inverter-based systems.

Dead-Time Compensation Methods

Software Compensation. Software compensation adjusts the PWM duty cycle based on the direction of the phase current.

Advantages: simple implementation; no additional hardware required.

Limitations: delay due to current measurement and ADC processing; reduced effectiveness during fast transients; inability to compensate accurately near zero current.

Hardware Compensation. Hardware compensation relies on direct measurement of output voltage and real-time correction of switching signals.

Advantages: high accuracy; fast response; effective under transient conditions.

Limitations: increased system complexity; higher implementation cost.

As shown by Tarek Boukhobza and Jean-Pierre Barbot [2], combined compensation strategies significantly reduce dead-time effects and improve voltage quality.

Quantitative Improvement with Compensation

Implementation of compensation techniques provides measurable improvements: voltage error reduction: from 5–10% → 1–2%; THD reduction: from ~20% → below 10%; torque ripple reduction: 20–40%; improvement in control accuracy: up to 3× better performance.

Additionally, experimental studies show: improved stability at low speeds; reduced current distortion; enhanced efficiency due to lower losses.

The analysis confirms that dead time is a major source of nonlinearity in inverter-fed electric drives, significantly affecting voltage accuracy and control performance. Its impact is most pronounced at low speeds and during current zero-crossing, where the error changes sign and introduces disturbances in current control loops.

Software compensation provides a cost-effective and flexible solution but is limited by measurement delays and reduced accuracy near zero current. Hardware methods offer higher accuracy and faster response, though at the cost of increased system complexity.

In contrast, hardware compensation approaches provide faster response and higher accuracy by directly measuring output voltage or switching states, enabling real-time correction of control signals. Nevertheless, these methods increase system complexity, cost, and design effort.

Therefore, the most effective strategy is the implementation of a hybrid compensation approach that combines software flexibility with hardware precision. Such integration allows achieving high accuracy, improved dynamic performance, and robust operation across a wide range of operating conditions, including low-speed and transient modes.

Conclusions

Dead time is a major source of nonlinearity in inverter-based electric drives.

Its effect is particularly critical at low speeds and during current sign changes.

Software compensation is simple but limited in accuracy.

Hardware compensation provides high performance but increases system complexity.

Combined compensation methods offer the best overall performance and are recommended for modern electric drive systems.

Reference

1. Holtz J. Pulsewidth modulation for electronic power conversion. *Proceedings of the IEEE*. 1994. Vol. 82, No. 8. P. 1194–1214.
2. Boukhobza T., Barbot J. P. Nonlinear observers for sensorless control of AC drives with application to dead-time compensation.
3. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. 2006. Vol. 14, No. 5. P. 925–933.

POWER FACTOR CORRECTION IN MODERN POWER CONVERTERS

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Makarenko D.O. student of group EI-25ДМ

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Improving power quality in modern electrical systems is one of the key challenges in power electronics. In particular, reducing harmonic distortion and achieving a near-unity power factor are essential requirements for grid-connected power converters. Power Factor Correction (PFC) circuits are widely used to ensure sinusoidal input current and minimize reactive power consumption. This is especially important in single-phase rectifier systems, where nonlinear input current leads to significant harmonic distortion [1-2].

Modern PFC techniques, including passive, active, and hybrid approaches, enable compliance with international standards on electromagnetic compatibility and power quality. In particular, active PFC controllers implemented in switch-mode power supplies provide dynamic regulation of input current under varying load conditions, ensuring stable converter performance.

The continuous development of semiconductor devices and digital control methods further enhances the effectiveness of PFC systems, allowing higher switching frequencies, improved efficiency, and reduced size of filtering components. As a result, PFC plays a critical role in modern converter design, contributing to improved grid stability and reduced energy losses [1-2].

Problem of Power Quality in Rectifier-Based Converters

Modern electric drives and power supplies are typically fed through diode rectifiers followed by DC-link capacitors. Although this structure is simple and reliable, it causes highly distorted input current, characterized by narrow charging pulses instead of a sinusoidal waveform.

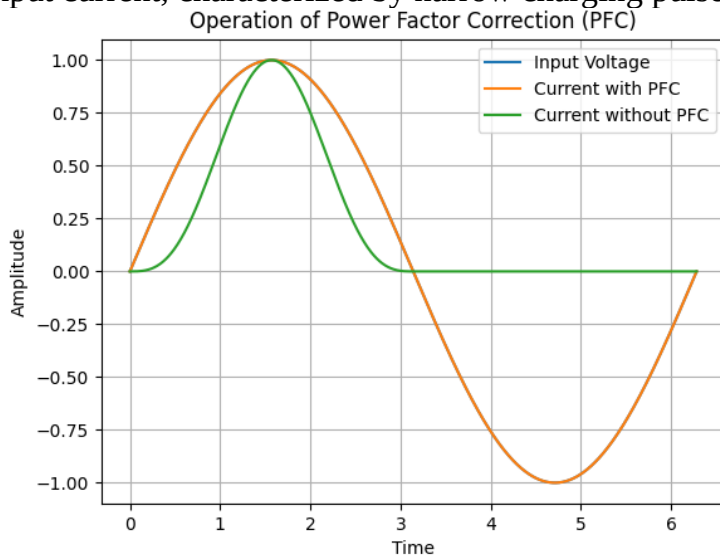


Fig. 1 Oscillograms of the PFC operation

As a result: high harmonic distortion (THD); low displacement power factor; increased stress on the grid; electromagnetic interference (EMI).

The total harmonic distortion is defined as:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (I_n^2)}}{I_1}$$

where I_1 is the fundamental harmonic and I_n are higher-order harmonics.

Principle of Power Factor Correction (PFC)

The main objective of a PFC circuit is to force the input current to follow the shape of the input voltage. Ideally: current waveform is sinusoidal; current is in phase with voltage; power factor approaches unity ($PF \approx 1$).

This is achieved using active control of a switching converter, most commonly a boost-type PFC converter. The boost PFC is widely used because it: ensures continuous input current; provides output voltage higher than peak AC voltage; allows high efficiency operation; is compatible with digital control systems.

Boost PFC Operation Principle

The basic operation of a boost PFC converter is based on inductor current control: when switch ON $\rightarrow$ inductor stores energy and when switch OFF $\rightarrow$ energy is transferred to output

capacitor.

The input current is controlled to follow a reference proportional to rectified input voltage.

Two main operating modes exist:

CCM (Continuous Conduction Mode): inductor current never reaches zero; lower ripple; larger inductance required.

CrCM (Critical Conduction Mode): inductor current returns to zero each cycle; smaller inductance; higher peak currents/

To reduce ripple and stress, interleaved multiphase structures are often used.

Interleaved PFC Concept

In interleaved PFC converters, multiple boost stages operate in parallel with phase-shifted control signals.

Advantages: reduced input current ripple; smaller magnetic components; lower capacitor stress; improved thermal distribution; longer converter lifetime.

This approach is widely used in high-power PFC systems (server power supplies, EV chargers, industrial drives).

GaN Technology in PFC Converters

Modern PFC systems increasingly use wide bandgap semiconductors, especially gallium nitride (GaN).

Key advantages of GaN devices: very low gate charge; extremely fast switching speed (ns range); low switching losses; high frequency operation (hundreds of kHz to MHz); high power density. These properties allow: reduction of inductor size; reduction of filter capacitor size; increase in switching frequency; efficiency up to 98–99%.

Experimental studies show that GaN-based boost PFC converters can significantly outperform silicon-based solutions in both efficiency and power density.

Boost PFC Control Structure

A typical control system includes: outer voltage control loop (DC-link regulation); inner current control loop (sinusoidal shaping); PWM generation; gate driver for switching device.

Modern implementations use: digital signal processors (DSP); microcontrollers; dedicated PFC controller ICs.

EMI and Design Challenges

Despite advantages, high-frequency operation introduces challenges: increased dv/dt and di/dt ; electromagnetic interference; PCB layout sensitivity; need for optimized gate driving circuits. Therefore, careful design of: parasitic inductances; grounding; switching loops is essential.

Conclusion

Power factor correction is a fundamental requirement for modern power electronic converters. Boost-based PFC circuits remain the most widely used topology due to their simplicity and effectiveness. The introduction of GaN transistors significantly improves performance by enabling high-frequency operation, reduced losses, and increased power density. Future developments will focus on: higher integration; digital adaptive control; further reduction of passive components; improved EMI robustness.

Reference

1. Tausif A., Bakan A. F., Dusmez S. A High Power Density Zero-Voltage-Switching Totem-Pole Power Factor Correction Converter. IEEE Transactions on Power Electronics. 2023. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2023.3326077>

2. Cacciotta F., Torrisi S., Rizzo S. A. A New Control Strategy of a Boost PFC for Enhanced GaN-based DC-DC Converters. IEEE Open Journal of Power Electronics. 2026. <https://doi.org/10.1109/OJPEL.2026.3668024>.

ІНТЕГРАЦІЯ КОМПЛАЄНС-АУДИТУ В ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Марутяк А. А. бакалавр, Опірський І.Р. д.т.н., проф., Коробейнікова Т.І. к.т.н., доцент
Національний університет «Львівська політехніка»

У сучасній розробці програмного забезпечення особливу роль відіграє своєчасне виявлення відхилень від технічних вимог, стандартів безпеки та нормативних обмежень. Одним із дієвих підходів до вирішення цієї проблеми є впровадження методу раннього виявлення відхилень у процес розробки. Особливо важливим є застосування такого методу саме на етапі проєктування, коли формується архітектурна основа програмного продукту.

Актуальність теми зумовлена зростанням складності програмних систем, а також підвищенням вимог до безпеки, якості та відповідності нормативним стандартам. У сучасних умовах помилки, допущені на ранніх етапах розробки, можуть призводити до значних фінансових втрат, накопичення технічного боргу та необхідності дорогого рефакторингу.

Сьогодні більшість ІТ-компаній використовують Agile-підхід, у якому проєктування не є одноразовим процесом, а виконується ітеративно протягом усього життєвого циклу розробки. Водночас питання інтеграції комплаєнс-аудиту та перевірки безпеки на ранніх етапах залишається недостатньо формалізованим. У більшості випадків контроль відповідності здійснюється вже після реалізації функціоналу, що знижує дієвість управління ризиками та збільшує витрати на виправлення помилок.

У роботі запропоновано метод раннього виявлення відхилень на етапі проєктування в Agile. Метод базується на поєднанні технічної оцінки ризиків розробниками та оцінки відповідності з боку спеціалістів з комплаєнсу. Основною ідеєю є виявлення потенційних проблем ще до початку реалізації функціоналу, що дозволяє зменшити витрати на виправлення помилок і запобігти накопиченню технічного боргу.

Метод складається з п'яти основних етапів: аналіз вимог, формування архітектури, деталізація логіки, оцінка ризиків і перевірка на відповідність, а також затвердження дизайну (рис.). Ключовим етапом є оцінка ризиків, яка виконується на основі подвійної оцінки (розробники + комплаєнс-спеціалісти) та використання теплової матриці ризиків.

Етап 2.1 – Аналіз задачі та вимог. На цьому етапі визначається бізнес-проблема та очікувана цінність програмного продукту. Вимоги формалізуються у вигляді user stories із критеріями приймання, пріоритетами та складністю реалізації. Також аналізуються нефункціональні вимоги (безпека, продуктивність, масштабованість, відповідність стандартам) і формуються контрольні точки для подальшого комплаєнс-аудиту.

Етап 2.2 – Формування технічної архітектури. Визначається структура системи, архітектурний стиль, технології та взаємодія компонентів. Архітектура будується за принципом еволюційного дизайну з урахуванням безпеки та масштабованості, а також закладаються механізми логування, контролю доступу й автоматизованої перевірки відповідності.

Етап 2.3 – Деталізація логіки та компонентів. Архітектурні рішення деталізуються на рівні модулів і функціональних блоків. Розробляються моделі даних, алгоритми обробки інформації та схеми взаємодії компонентів з акцентом на узгодженість із бізнес-процесами та тестованість.

Етап 2.4 – Оцінка ризиків та перевірка на відповідність. На цьому етапі реалізується метод раннього виявлення відхилень: аналізуються технічні, організаційні та регуляторні ризики, оцінюється їх вплив і перевіряється відповідність архітектури стандартам і політикам. Результати інтегруються в backlog для контролю на ранніх стадіях розробки.

Етап 2.5 – Затвердження та фіксація дизайну. Формується узгоджена версія архітектурного й логічного дизайну, яка документується та погоджується із зацікавленими сторонами. Це забезпечує прозорість рішень, простежуваність вимог і можливість подальшого аудиту.

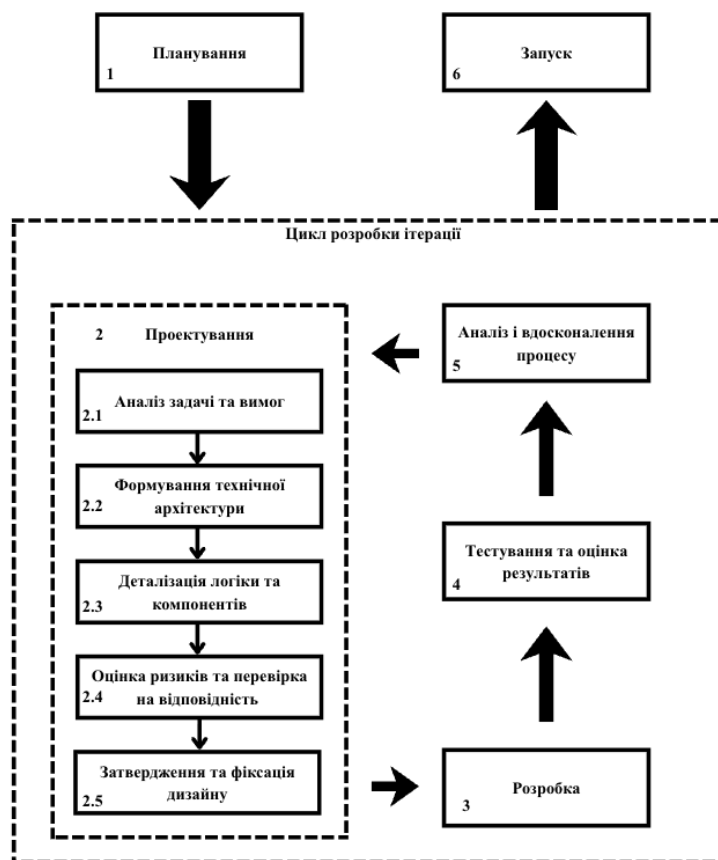


Рисунок – Метод раннього виявлення відхилень в Agile

Запропонований метод раннього виявлення відхилень дозволяє своєчасно виявляти помилки, невідповідності вимогам і потенційні ризики на ранніх етапах розробки програмного забезпечення. Його використання сприяє зменшенню витрат на виправлення помилок, підвищенню якості програмних продуктів і забезпеченню відповідності стандартам безпеки та нормативним вимогам.

Література

1. Identifying Deviations in Software Processes : IEEE Access, Vol. 5. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8054697> (дата звернення: 27.02.2026).
2. Optimization of Web-Based Integrated Management System Audit Process with System Development Life Cycle (SDLC) Approach : Enrichment: Journal of Multidisciplinary Research and Development, 3 (5), 2025. URL: <https://journalenrichment.com/index.php/jr/article/view/440/412> (дата звернення: 02.03.2026).
3. Evolution towards Hybrid Software Development Methods and Information Systems Audit Challenges : International Hellenic University. URL: <https://www.mdpi.com/2674-113X/1/3/15> (дата звернення: 10.03.2026).
4. Review of Techniques for Integrating Security in Software Development Lifecycle : CMC-Computers, Materials & Continua. URL: https://media.proquest.com/media/hms/PFT/1/3o0Wc?_s=CQAhtGZuOm14mNxi4mJIGGgfSPE = (дата звернення: 12.03.2026).

АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ТА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ РИЗИКІВ ЇХ ВИНИКНЕННЯ

Романченко Ю.А., к.т.н., доц., Романченко О.В., к.т.н., зав. каф. МПМ

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Метою роботи є аналіз причин виникнення аварійних ситуацій у розподільчих мережах та розробка ефективних заходів щодо зниження ризиків їх виникнення і підвищення надійності електропостачання.

Аварійність в електроенергетиці є однією з ключових проблем функціонування енергетичних систем, оскільки вона безпосередньо впливає на надійність електропостачання, економічну стабільність підприємств та безпеку населення. Електроенергетична система являє собою складний комплекс взаємопов'язаних елементів – електростанцій, підстанцій, ліній електропередач і розподільчих мереж, – порушення роботи будь-якого з цих елементів може призвести до серйозних наслідків.

Аварійні ситуації в розподільчих мережах доцільно класифікувати за причинами їх виникнення, оскільки це дозволяє більш ефективно аналізувати фактори аварійності та розробляти заходи щодо підвищення надійності електропостачання. Основні групи причин аварійних ситуацій наведено на рисунку 1.



Рис. 1 Класифікація аварійних ситуацій у розподільчих мережах за причинами виникнення

Основною причиною підвищеної аварійності є зношеність основних фондів електроенергетики. Значна частина обладнання експлуатується понад нормативний термін, що збільшує ймовірність відмов, пошкоджень ізоляції, перегріву та інших технічних несправностей. Недостатній рівень оновлення та модернізації мереж лише посилює цю проблему, особливо в умовах постійного зростання споживання електроенергії.

Суттєвий вплив на аварійність мають також зовнішні фактори. До них належать несприятливі погодні умови (сильний вітер, ожеледь, грози, температурні коливання), які

можуть викликати обриви проводів, пошкодження опор і короткі замикання. Окрім того, останніми роками значного значення набули техногенні та надзвичайні фактори, включаючи військові дії, які призводять до руйнування енергетичної інфраструктури та порушення стабільності енергопостачання.

Не менш важливим чинником є людський фактор, що проявляється у помилках персоналу, порушенні правил експлуатації, недостатньому рівні кваліфікації або недотриманні вимог техніки безпеки. Навіть незначні помилки в управлінні або обслуговуванні обладнання можуть спричинити серйозні аварійні ситуації.

Наслідки аварій в електроенергетиці є багатогранними. Вони включають економічні збитки через простої виробництва, погіршення якості електроенергії, пошкодження обладнання, а також соціальні наслідки – відключення електроенергії для населення, порушення роботи критичної інфраструктури (лікарень, транспорту, зв'язку). У найгірших випадках аварії можуть призводити до травмування або загибелі людей.

Аналіз причин виникнення зазначених аварійних ситуацій дозволяє визначити найбільш уразливі елементи розподільчих мереж та розробити заходи щодо підвищення їх надійності й ефективності роботи.

Зниження рівня аварійності є одним із пріоритетних завдань сучасної електроенергетики. Для цього необхідно впроваджувати комплекс заходів, серед яких: модернізація обладнання, використання сучасних систем релейного захисту та автоматики, впровадження технологій моніторингу та діагностики стану мереж, розвиток інтелектуальних електромереж (Smart Grid), а також підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу. Попередження аварій та швидке реагування на них відіграють ключову роль у забезпеченні стабільної роботи електроенергетичних систем.

Заходи щодо зниження аварійних ситуацій у розподільчих електричних мережах можна класифікувати за напрямками впливу та характером виконуваних робіт. Основні групи заходів наведені на рисунку 2.



Рисунок 2. Класифікація заходів щодо зниження аварійних ситуацій у розподільчих мережах

Комплексне застосування зазначених заходів дозволяє значно знизити рівень аварійності в розподільчих мережах, підвищити надійність електропостачання та забезпечити стабільну роботу електроенергетичної системи.

Висновок. Таким чином, проблема аварійності в електроенергетиці має комплексний характер і потребує системного підходу до її вирішення. Ефективне управління ризиками аварій дозволить підвищити надійність електропостачання, зменшити економічні втрати та забезпечити стабільний розвиток енергетичної галузі.

Література

1. Електроенергетика України. Структура, керування, інновації: монографія / І. В. Хоменко, О. А. Плахтій, В. П. Нерубацький, І. В. Стасюк. – Харків: НТУ "ХПІ", ТОВ "ПланетаПрінт", 2020. – 132 с.

MULTILEVEL HIGH-VOLTAGE CONVERTERS WITH A CASCADED STRUCTURE OF LOW-VOLTAGE POWER MODULES

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Nikulin O.O. student of group EI-25ДМ
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Multilevel high-voltage frequency converters based on cascaded low-voltage power modules represent one of the most promising directions in modern power electronics for medium- and high-power electric drive systems. The increasing requirements for energy efficiency, electromagnetic compatibility, and system reliability are driving a transition from conventional two-level inverters to multilevel converter topologies. The primary motivation is the need to reduce: current and voltage total harmonic distortion (THD); overvoltage stress on motor windings; core and copper losses in electrical machines; electromagnetic interference in power networks. Cascaded converter structures enable the realization of high-voltage systems using standardized low-voltage power modules, significantly improving modularity, reliability, and scalability [1].

Cascaded Converter Architecture

Basic Structure. A cascaded multilevel converter consists of series-connected H-bridge inverter cells, each supplied by an isolated DC source. In classical industrial implementations (e.g., Perfect Harmony systems), isolated DC supplies are provided through a multi-winding transformer that generates separate secondary windings for each power cell.

Output Voltage Formation Principle. The output voltage is formed as the algebraic sum of the individual cell voltages: $U_{out} = \sum_{i=1}^N U_i$, where N is the number of cascaded modules. Each cell generates three voltage levels: $+U_{DC}$, 0, and $-U_{DC}$, enabling a multilevel staircase waveform that approximates a sinusoidal signal.

Modularity as a Key Advantage. The modular concept provides: standardization of power units; simplified maintenance and replacement; scalability of system power; increased fault tolerance and redundancy.

Modern Structural Modifications. Elimination of Multi-Winding Transformers. Classical architectures rely on bulky multi-winding transformers, which introduce: high cost; large physical size; complex insulation requirements. Modern solutions aim to eliminate or reduce transformer dependence by introducing: active front-end rectifiers (AFE); power factor correction (PFC) stages; DC-DC conversion units; digital synchronization of power cells.

Energy Optimization. The integration of active rectifier stages in cascaded multilevel converter systems plays a crucial role in improving overall energy performance and grid interaction quality. Unlike passive diode rectifiers, active front-end (AFE) converters allow full controllability of the input current waveform, enabling near-unity power factor operation under a wide range of load conditions.

In particular, the use of active rectifiers enables:

- Power factor improvement up to 0.95–0.99, achieved through real-time control of the input current vector and synchronization with the grid voltage;
- Reduction of reactive power consumption, which decreases the loading of distribution networks and improves voltage stability in industrial power systems;
- Lower grid current distortion (THD reduction), due to active shaping of sinusoidal input currents and suppression of low-order harmonics;
- Improved overall energy efficiency, resulting from reduced conduction losses, optimized switching strategies, and better utilization of supplied electrical energy.

Additionally, active rectifier systems contribute to enhanced compliance with modern power quality standards, making cascaded converter systems more suitable for grid-connected high-power industrial applications.

Control Principles and PWM Modulation

Phase-Shifted PWM. A key feature of cascaded systems is phase-shifted pulse-width modulation (PWM) between individual cells, which provides: an effective increase in switching frequency; reduction of harmonic distortion; uniform distribution of switching losses.

If the switching frequency of one cell is: $f = 1.5 \text{ kHz}$, then for three cascaded cells, the effective spectral frequency becomes: $f_{\text{eff}} = N \cdot f = 4.5 \text{ kHz}$.

Digital Control Systems. Modern implementations are based on: digital signal processors (DSPs); field-programmable gate arrays (FPGAs); adaptive control algorithms.

These systems enable: nonlinear compensation; voltage balancing between cells; fault detection and protection.

Quantitative Performance Analysis

The performance of cascaded multilevel converters depends mainly on the number of voltage levels, which directly influences harmonic content, energy efficiency, and motor stress.

Harmonic Distortion (THD). The total harmonic distortion (THD) decreases significantly with an increase in the number of voltage levels: 5-level structure: 25–35%; 11-level structure: 10–15%; 17-level structure: <10%.

This reduction is due to the improved approximation of the sinusoidal waveform and the suppression of low-order harmonics (5th, 7th, 11th). As the number of levels increases, harmonic energy shifts toward higher frequencies, which are more easily filtered by motor inductance, resulting in smoother current waveforms and reduced electromagnetic noise.

Energy Performance Indicators. Improved waveform quality leads to measurable enhancements in drive performance: Torque ripple reduction: 30–50%; Motor losses reduction: 10–20%; System efficiency increase: +3–5%; Switching loss reduction: up to 60–70%.

These improvements result from lower harmonic currents, reduced switching stress, and more efficient energy conversion in the power stages.

Spectral (FFT) Analysis. FFT analysis of the output voltage demonstrates that: 5-level systems are dominated by low-order harmonics (5th, 7th, 11th); 11-level systems shift harmonic energy toward higher frequencies; 17-level systems exhibit a spectrum approaching an ideal sinusoidal waveform. This results in: reduced motor heating, lower vibration levels, decreased acoustic noise and improved electromagnetic compatibility.

Reliability and Operational Features. A key advantage of cascaded architectures is fault-tolerant operation. In case of a cell failure, the system can: automatically bypass the faulty module, continue operation with reduced power and maintain stable drive performance. This feature is critical for continuous industrial processes such as: metallurgy, pumping stations, transportation systems. Despite their advantages, cascaded multilevel converters have several limitations: increased synchronization complexity; higher number of power components; complex diagnostic requirements; increased control system demands; higher implementation cost for large-scale systems.

Conclusion. Cascaded multilevel converters represent an efficient solution for high-voltage electric drive systems. Key advantages include: THD reduction below 10%; high energy efficiency; modular scalability; fault tolerance and improved power quality.

The most significant technical and economic benefits are achieved at 11–17 voltage levels, where the output waveform closely approximates a sinusoidal signal, and system losses are substantially reduced.

Reference

1. Rodríguez J., Lai J.-S., Peng F. Z. Multilevel Inverters: A Survey of Topologies, Controls, and Applications. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2002. Vol. 49(4). P. 724–738. <https://doi.org/10.1109/TIE.2002.801052>

СМАРТ ПЛЯШКА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СПОЖИВАННЯ ТА ЯКОСТІ ВОДИ НА ОСНОВІ ІНТЕГРОВАНИХ ДАТЧИКІВ

Шмирко О.С., магістр, Польська О.В., ст. викл., Кудерметов Р.К., к.т.н., доц.
Національний університет "Запорізька політехніка"

Підтримання оптимального водного балансу є важливим чинником збереження здоров'я людини, особливо в умовах підвищеної фізичної активності та активного способу життя. Нестача води в організмі негативно впливає на фізичну працездатність, когнітивні функції та загальне самопочуття, що зумовило зростання інтересу до інтелектуальних систем моніторингу щоденного споживання води. Сучасні смарт-пристрої дедалі частіше використовуються для персонального моніторингу фізіологічних показників; однак засоби комплексного контролю гідратації залишаються обмеженими за функціональністю та аналітичною глибиною.

Смарт-пляшка є складним програмно-апаратним комплексом, де апаратна частина (Hardware) та клієнтський додаток (Software) взаємодіють для забезпечення повної функціональності системи. Hardware відповідає за безпосередній збір даних за допомогою датчиків та первинну обробку сигналу на мікроконтролері. Програмна частина (Frontend/Mobile) забезпечує візуалізацію отриманих даних, формування персональних рекомендацій на основі показників користувача та нагадування про необхідність споживання води через сповіщення.

У ході дослідження було проаналізовано існуючі технічні рішення. Патент US10429221B2 описує смарт-контейнер, робота якого базується на використанні тензометричних датчиків тиску, вмонтованих в основу пляшки. Безперечною перевагою такого підходу є можливість зважування будь-якого типу вмісту незалежно від його фізичних властивостей. Проте суттєвим недоліком є висока чутливість до умов експлуатації: розміщення на нерівній або м'якій поверхні призводить до значних похибок у вимірюваннях. На відміну від аналога, використання ультразвукового методу вимірювання відстані Time of Flight, дозволяє проводити моніторинг рівня заповненості зверху вниз, що нівелює вплив зовнішніх факторів поверхні та забезпечує стабільну точність навіть під час транспортування пристрою.[1]

Другий аналог, патент US20160252385A1, пропонує ємнісний метод контролю рівня рідини, де вимірювальні елементи інтегровані в стінки контейнера. Плюсом цієї технології є відсутність рухомих частин та компактність, проте вона має критичну залежність від діелектричної проникності рідини та температури навколишнього середовища. [2]

Третій аналог, патент US20180238724A1, базується на використанні оптичних інфрачервоних сенсорів для детекції рівня рідини через прозорі стінки пляшки. Основною перевагою даного методу є повна відсутність контакту сенсора з водою, що спрощує питання стерильності. Проте головним недоліком є неможливість роботи з непрозорими стінками (металевими або матовими) та висока чутливість до сонячного світла, що спричиняє «засліплення» датчика. [3]

Ідея дослідження полягає у впровадженні апаратної складової пристрою низки сенсорних модулів, таких як ультразвукові датчики відстані, що дозволяють з високою точністю визначати рівень заповненості ємності. В основі системи зазвичай використовуються енергоефективні мікроконтролери, наприклад ESP32 або nRF52, які підтримують протоколи бездротового зв'язку, такі як Bluetooth Low Energy. Важливою вимогою є мінімізація енергоспоживання, що досягається шляхом переведення пристрою в режим глибокого сну Deep Sleep між циклами вимірювань. Це дозволяє забезпечити тривалу автономну роботу пристрою від одного акумулятора або елемента живлення.[4]

Для обробки логіки взаємодії використовується клієнт-серверна архітектура, де мобільний додаток виступає посередником між пристроєм та хмарним сховищем. На рівні мікропрограмного забезпечення застосовуються патерни проектування, зокрема State Machine для керування станами пристрою. Обмін даними здійснюється через стандартизовані API, що забезпечує масштабованість системи та можливість синхронізації з іншими фітнес-додатками. Безпека даних реалізується через шифрування каналу передачі та автентифікацію користувача на серверному боці [5].

Тестування смарт-пляшки охоплює перевірку точності калібрування сенсорів, стрес-тестування стабільності Bluetooth-з'єднання та тестування логіки додатку. Важливим етапом є інтеграційне тестування, яке підтверджує коректність передачі пакета даних від мікроконтролера до бази даних без втрати цілісності. Врахування аспектів вологозахисту корпусу, ергономіки та екологічності матеріалів допомагає забезпечити конкурентоспроможність пристрою на ринку персональної електроніки.

Таким чином, дослідження у напрямі розроблення інтелектуальних систем моніторингу гідратації є перспективним. Подальша модернізація пристрою може включати інтеграцію додаткових сенсорів температури, оптимізацію енергоспоживання та застосування методів машинного навчання для прогнозової аналітики гідратації.

Література

1 U.S. Patent No. 10,429,221 B2. Smart container with integrated fluid consumption tracking / inventors: J. Smith, R. Doe. Issued Oct. 1, 2019.

2 U.S. Patent Application No. 2016/0252385 A1. Capacitive liquid level sensing in portable containers / inventors: L. Chen, M. Wang. Published Sep. 1, 2016.

3 U.S. Patent Application No. 2018/0238724 A1. Optical liquid level sensor for a beverage container / inventors: K. Miller, D. Brown. Published Aug. 23, 2018.

4. Maier, A., Sharp, A., & Vagapov, Y. Comparative analysis of microcontroller boards for IoT applications. Proceedings of the 2017 Internet Technologies and Applications (ITA). IEEE, 2017. P. 243–247.

5. Kostiuk V. M. Architectural patterns in the development of firmware for real-time monitoring systems. Proceedings of the International Scientific Conference on Advanced Information Systems. 2022. P. 115–118.

EVALUATION OF SIGNAL INTEGRITY IN SERIAL COMMUNICATION PROTOCOLS

Galaburda O. D., EL-23d, Samojlova Zh. G., lecturer
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The purpose of this study is to establish the definition and advantages of stable data transmission in 8-bit systems. This is due to the fact that the integration of microcontrollers in industrial production and datacenter environments requires engagement with noisy conditions like those with high-voltage inverters or server power distribution units where signal resilience is needed for 24/7 uptime and system stability. An additional concern in modern embedded design is the protection of transmitted information from external interference or intentional disruption. Signal lines that are susceptible to EMI can also be vulnerable to “jamming” or “scrambling” attacks, where an external device injects noise to corrupt data packets or force a system reset. Understanding how easily a standard I2C or SPI bus can be disrupted by a simple scrambler is essential for building secure hardware that can resist both environmental noise and targeted physical attacks.

Some benefits of the study of signal integrity involves consideration of the following points:

- examining the role of clock frequency on the stability of I2C and SPI data when cables are unshielded.
- examining the influence of physical wire length on signal timing and how it “rounds” the square waves leading to bit errors.
- understanding the technical underpinnings of how electromagnetic noise influences data acquisition in AVR architectures.
- exploring the relationship between pull-up resistor values and the rise-time of signals in I2C buses.
- investigating the correlation between electromagnetic interference (EMI) and the failure rate of common shift registers such as the 74164 or 7476.

Researching the sources on the topic of the report, it is possible to establish that the design and implementation of a stable communication environment is a case study of its impact on packet loss and reliability. It is also an assessing the challenges associated with high-speed SPI over long distances without hardware buffers considering specific power requirements. An investigation into the effectiveness of software-based error checking as a tool in embedded settings, assessing its influence on data achievement and the overall system performance. Finally, it is concluded that implementing physical shielding and optimized pull-up resistors is not only a matter of signal quality but also a basic security measure against external scramblers and intentional data disruption.

References

1. I2C-bus specification and user manual. <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>
2. Electromagnetic Fault Injection: Towards a Fault Model on a 32-bit Microcontroller <https://ieeexplore.ieee.org/document/6623558>
3. Signal and power integrity – simplified https://openlibrary.org/works/OL18573492W/Signal_and_power_integrity--simplified

DIGITAL CONTROL METHODS AND ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRIC DRIVES

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Tsukor O.S. student of group EE-23д
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Modern electric drives are a key component of industrial and transportation systems, determining their energy efficiency, accuracy, and reliability. In the context of increasing requirements for reduced energy consumption and improved power quality, there is a gradual transition from conventional analog systems to digital converter-based solutions.

Of particular importance is the integration of digital control methods, intelligent algorithms, and energy-efficient power electronic solutions. This enables electric drives to be considered as cyber-physical systems capable of adapting to changing operating conditions.

Recent research confirms that the implementation of intelligent control methods and digital technologies represents the main direction in the development of electric drive systems [1].

Methods and Approaches

Digital Control. The use of digital signal processors (DSPs) and microcontrollers enables the implementation of advanced control algorithms, including field-oriented control (FOC) and direct torque control (DTC). These methods ensure high precision regulation and system stability.

Digital control systems allow: implementation of multi-loop control structures; consideration of nonlinearities and constraints; adaptation to parameter variations of the controlled object.

Model Predictive Control (MPC)

One of the most promising approaches is model predictive control (MPC). It is based on predicting system behavior using a mathematical model and selecting the optimal control action.

This approach enables: consideration of current and voltage constraints; minimization of power losses; improvement of dynamic performance.

According to research, MPC provides significant improvements in control quality compared to conventional methods [2].

State Observers. The use of state observers enables sensorless control of electric drives, which is particularly important for reducing system cost and increasing reliability.

Sensorless algorithms allow: estimation of rotor speed and position; reduction of hardware components; increased fault tolerance in case of sensor failures.

Intelligent Algorithms

Modern electric drives increasingly integrate artificial intelligence and machine learning methods. These are applied for: fault diagnosis; predictive maintenance; optimization of operating modes. The use of such algorithms significantly improves system reliability and reduces operational costs.

Energy-Efficient Solutions

Energy efficiency improvement is achieved through a combination of: optimization of control algorithms; reduction of losses in power electronic components; application of modern semiconductor devices; use of power factor correction (PFC) systems.

In particular, active PFC circuits reduce harmonic distortion and improve power factor, which is especially important for grid-connected converters.

The performed analysis shows that the implementation of modern control methods significantly improves electric drive performance.

Key Quantitative Results

1. speed control accuracy with FOC: $\pm 1-2\%$
2. reduction of transient response time with DTC: 30–50%
3. reduction of torque ripple with MPC: 20–40%

4. cost reduction in sensorless systems: 10–15%
- Additional improvements:
5. efficiency increase due to digital control: 3–5%
6. reduction of switching losses: up to 70%
7. THD reduction with PFC: down to <10%

Table. Impact of Technologies on Energy Efficiency

Parameter	Classical Drive	Modern (Digital)	Advanced Systems
Efficiency (%)	85–92	92–96	96–99
Power factor	0.70–0.85	0.85–0.95	0.95–0.99
THD (%)	30–80	10–30	<10
Switching frequency	5–20 kHz	20–100 kHz	up to 1 MHz
Power density	Low	Medium	High

The analysis shows that the maximum performance improvement is achieved through the combined and coordinated integration of digital control techniques, intelligent algorithms, and advanced power electronic technologies. Rather than being applied independently, these approaches demonstrate a synergistic effect, where each component enhances the capabilities of the others. Digital control provides the computational framework for real-time implementation, intelligent algorithms enable adaptive optimization and decision-making, while modern power electronic devices ensure high efficiency and fast dynamic response. As a result, the overall system exhibits improved energy performance, higher robustness, and greater operational flexibility under variable load and environmental conditions.

Conclusions

Modern electric drives are steadily evolving toward deeper digitalization and the widespread adoption of intelligent control principles. This transformation is driven by the need for higher efficiency, improved reliability, and enhanced adaptability in complex operating environments. The application of model predictive control (MPC) and advanced digital control methods significantly improves both dynamic response and steady-state accuracy of electric drive systems. These methods allow for explicit handling of constraints and enable more precise optimization of control actions in real time.

Sensorless technologies play an important role in modern drive systems by reducing hardware complexity, lowering overall system cost, and simultaneously increasing operational reliability and fault tolerance. Eliminating mechanical sensors also improves system durability in harsh industrial environments.

The integration of intelligent algorithms, including machine learning-based approaches, enhances overall system efficiency and enables predictive diagnostics. This allows early detection of potential failures and supports condition-based maintenance strategies, thereby reducing downtime and maintenance costs.

Finally, energy-efficient solutions, including power factor correction (PFC) systems and optimized power electronic converters, significantly improve power quality indicators. These technologies reduce harmonic distortion, increase power factor, and contribute to more sustainable and grid-friendly operation of electric drive systems.

Reference

1. Rodríguez J., Kazmierkowski M. P., Espinoza J. R. et al. State of the art of finite control set model predictive control in power electronics. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2013. Vol. 9, No. 2. P. 1003–1016.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДГОТОВКИ ДАНИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ LSTM ДЛЯ КЕРУВАННЯ РЕАКТОРОМ СИНТЕЗУ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ В MATLAB

Самойлова Ж.Г., к.т.н., доцент, Смирнов Г.А.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Для керування реактором синтезу оцтової кислоти можна використовувати нейронні мережі LSTM. При використанні цієї мережі для керування реактором синтезу оцтової кислоти дані мають бути не просто чистими, а фізично адекватними. Основна проблема для даних – різні масштаби величин (тиск в МПа, а витрата в м³/год) і тимчасові затримки (зміна подачі метанолу позначиться на виході продукту за хвилину). У MATLAB процес об'єднання підготовлених даних та навчання мережі LSTM будується на передачі масивів осередків (cell arrays) у функцію trainNetwork.

Ось основні етапи підготовки даних у MATLAB:

1. Імпорт та синхронізація (Timetable). Дані з датчиків часто надходять із різною частотою. Спершу їх потрібно привести до єдиного тимчасового кроку.

Програмний код етапу в MATLAB:

```
% Об'єднання даних в одну таблицю часових рядів
```

```
T = synchronize(data_temp, data_pressure, data_flow, 'regular', 'linear', 'TimeStep', minutes(1));
```

2. Обробка викидів та пропусків. У хімічному виробництві датчики можуть шуміти або видавати помилки.

Програмний код цього етапу в MATLAB:

```
% Заповнення пропусків лінійною інтерполяцією
```

```
T = fillmissing(T, 'linear');
```

```
% Видалення різких піків (викидів), які неможливі фізично
```

```
T = cleanoutliers(T, 'gesd');
```

3. Нормалізація (масштабування). LSTM дуже чутлива до масштабу. Якщо подати тиск $2.5 \cdot 10^6$ Па та температуру 180 °C без нормалізації, модель враховуватиме лише тиск.

Програмний код в MATLAB:

```
% Використовуємо Z-score (середнє = 0, стандартне відхилення = 1)
```

```
[dataNorm, settings] = mapstd(T.Variables');
```

```
dataNorm = dataNorm'; % Повернути у формат (проби x ознаки)
```

Важливо зберегти settings, щоб потім нормалізувати нові вхідні дані при керуванні.

4. Створення "Вікна затримки" (Sliding Window). Для реактора важливим є не тільки поточне значення, але й те, що було 10–30 хвилин тому. У MATLAB для LSTM дані потрібно підготувати як для осередків (cell arrays).

Програмний код в MATLAB:

```
lookback = 30; % Вікно 30 хвилин
```

```
numObs = size(dataNorm, 1) - lookback;
```

```
X = cell(numObs, 1);
```

```
Y = zeros(numObs, 1);
```

```
for i = 1:numObs
```

```
    % Вхід: послідовність даних протягом останніх 30 хвилин
```

```
    X{i} = dataNorm(i:i+lookback-1, :);
```

```
    % Вихід: значення цільового параметра (наприклад, концентрація) у момент i+lookback
```

```
    Y(i) = dataNorm(i+lookback, targetColumn);
```

```
end
```

5. Розбиття на вибірки (Split). Не можна перемішувати дані випадковим чином (як у звичайних мережах), інакше модель буде прогнозувати дані в майбутньому.

- Training: перші 70-80% часу.
- Validation/Test: 20–30% часу, що залишилися (хронологічно після тренувальних).

Основні висновки, які можливо зробити щодо обробки даних для побудови мережі LSTM для керування реактором синтезу оцтової кислоти в MATLAB. Для того щоб підготувати дані для побудови мережі LSTM в пріоритеті є фізична адекватність даних. Якість моделі критично залежить від попередньої обробки. Простого очищення недостатньо – необхідно усувати викиди, які неможливі фізично, та враховувати різну природу фізичних величин. Також треба враховувати критичну роль нормалізації даних. Через величезну різницю в масштабах (наприклад, тиск у мільйонах Па проти температури в сотнях градусів) без Z-score нормалізації модель ігноруватиме менші за значенням, але важливі параметри. Необхідно зробити також часову синхронізацію. Вкрай важливим при обробці даних є створення вікна затримки (lookback). Також специфікою обробки даних є навчання мережі LSTM на часових рядах.

ЗАГРОЗИ ТА МЕТОДИ ПРОТИДІЇ АІ-БОТАМ НА ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМАХ

Суслів В.В. студент, Коробейнікова Т.І. к.т.н., доцент

Національний університет «Львівська політехніка»

Стрімкий розвиток штучного інтелекту трансформував ландшафт загроз для онлайн-платформ. Сучасні АІ-боти здатні імітувати складну людську діяльність, що робить їх значно небезпечнішими за традиційні алгоритмічні боти. Згідно зі звітами ENISA, штучний інтелект став визначальною темою в кіберзагроз, використовуючись як для оптимізації атак, так і стаючи новою точкою вразливості [1, 2].

Загрози від АІ-ботів класифікують за кількома напрямками: маніпулювання громадською думкою та поширення дезінформації, де боти створюють ілюзію масової підтримки; економічні злочини, такі як накручування активності на стрімінгових платформах, складні фішингові схеми та інші злочини що несуть загрозу для економіки; технічні загрози, а саме загрози безпеці та конфіденційності.



Рисунок 1 – Класифікація загроз від АІ-ботів

Методи виявлення ботів поділяються на текстові та лінгвістичні, котрі аналізують вміст повідомлень, проте поява великих мовних моделей (LLM) ускладнила детекцію, оскільки генерований текст майже не відрізняється від людського. Аналіз активності та часових характеристик, що досліджує патерни поведінки, проте сучасні АІ-боти вчаться обходити ці методи, вводючи випадкові затримки та імітуючи людську активність з нічними паузами. Поведінкові методи аналізують динаміку взаємодії з інтерфейсом, проте деякі моделі штучного інтелекту починають вчитись імітувати активність людини. Статистичні

методи виявляють аномалії у великих масивах даних, такі як спільні IP-адреси, синхронні дії груп акаунтів, що дозволяє виявляти бот-ферми.

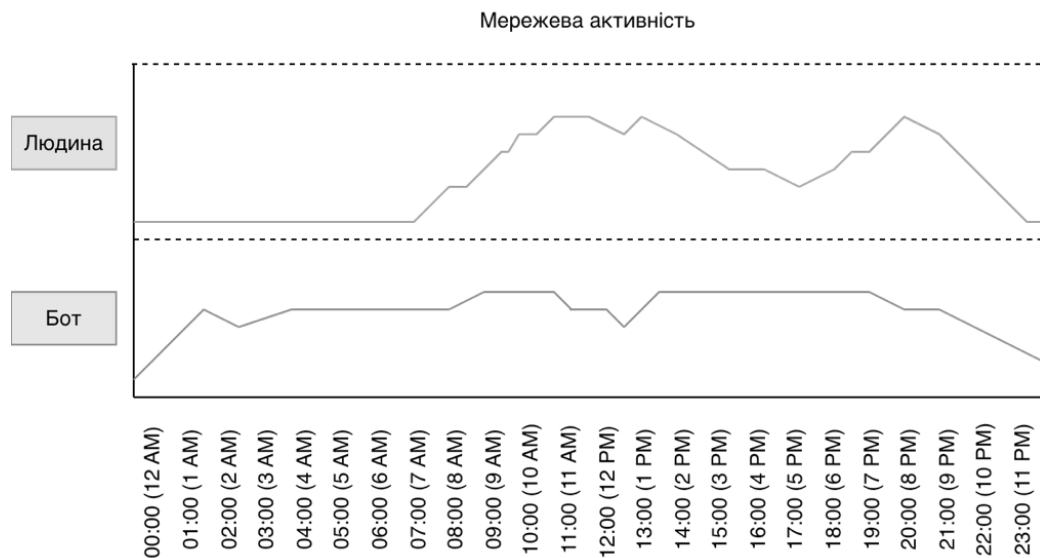


Рисунок 2 – Порівняння активності користувача та бота

Практичні засоби протидії містять CAPTCHA, ефективність якої сьогодні піддається сумніву через здатність AI розпізнавати об'єкти на рівні людини. KYC-підходи (Know Your Customer) забезпечують надійну верифікацію, але порушують анонімність, створюють бар'єр входу та є дорогими у масштабуванні. Репутаційні системи, що збирають інформацію про поведінку акаунта з часом, після чого перевіряють чи користувач легітимний, однак цей засіб вважається неефективним через надмірну часозатратність.

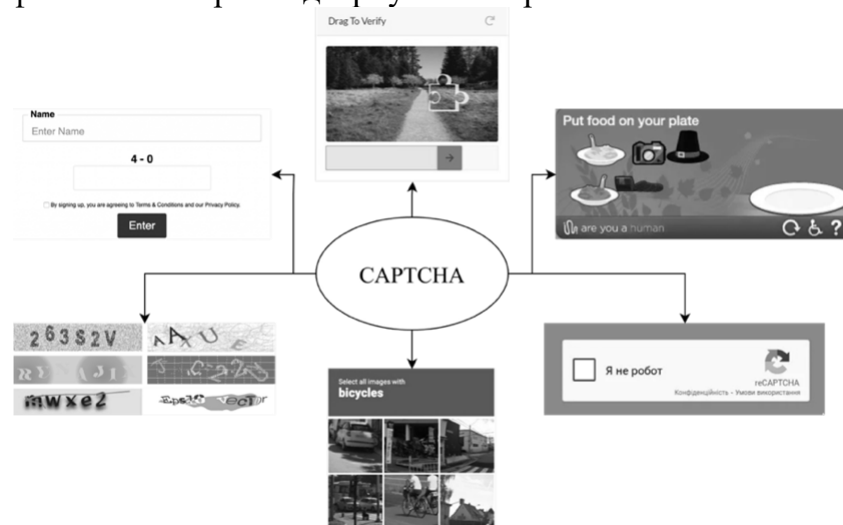


Рисунок 3 – Приклад засобу протидії AI – CAPTCHA

Отже проаналізувавши існуючі методи, можна виявити, що засоби протидії об'єднані однаковою принципом роботи, а саме через пасивну детекцію, яка відбувається за принципом спостереження за користувачем та реагування на його дії замість активної верифікації антропності. Це не є достатнім і потрібна більш активна позиція щодо перевірки користувачів.

Вирішення вбачається у впровадженні методу активної верифікації, який би поєднував стійкі до автоматизації завдання з криптографічним захистом отриманого підтвердження [3]. Сучасні дослідження пропонують нові підходи, зокрема концепцію "кредитів особи" (personhood credentials), які дозволяють користувачам підтверджувати, що вони є реальними людьми, без розкриття персональної інформації [4], а також "оракулів

людських викликів" (Human Challenge Oracle) – обмежених у часі завдань, криптографічно прив'язаних до конкретної ідентичності, що унеможлиблює їх автоматизоване вирішення [5]. Такий підхід дозволить створити багаторазовий цифровий ідентифікатор на основі стандартів JWT та OAuth 2.0 [6], що підтверджує антропність користувача без повторення складної процедури та зберігає його приватність відповідно до вимог ISO/IEC 27001 [7] та рекомендацій NIST [8].

Література

1. ENISA. ENISA Foresight Cybersecurity Threats for 2030. 2024. URL: <https://www.enisa.europa.eu/publications/enisa-foresight-cybersecurity-threats-for-2030>
2. ENISA. Artificial Intelligence Cybersecurity Challenges. 2020. URL: <https://www.enisa.europa.eu/publications/artificial-intelligence-cybersecurity-challenges>
3. Tetiana Korobeinikova, Ihor Zhuravel, Lesya Mychuda and Axel Sikora The practice of block symmetric encryption for a secure Internet connection // CEUR Workshop Proceedings. – 2024. – Vol. 3861 : Proceedings of the CIAW 2024, Lviv, Ukraine. – P. 114–122.
3. IETF. RFC 7519: JSON Web Token (JWT). URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7519>
4. Adler S. et al. Personhood credentials. arXiv:2408.07892, 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2408.07892>
5. Maleki H., Sainz N., Legarda J. Human Challenge Oracle. arXiv:2601.03923, 2026. URL: <https://arxiv.org/abs/2601.03923>
6. IETF. RFC 6749: The OAuth 2.0 Authorization Framework. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6749>
7. ISO/IEC 27001:2022. Information security management systems. Geneva: ISO, 2022.
8. NIST. Digital Identity Guidelines: SP 800-63-4. 2025. URL: <https://pages.nist.gov/800-63-4/sp800-63.html>

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ФЕРМЕНТЕРОМ У ВИРОБНИЦТВІ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОДУКТІВ

Вівчар С.Ф., Купіна О.А.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Біотехнологічні процеси, що реалізуються у ферментерах, є складними нелінійними системами, в яких одночасно відбуваються біохімічні, масообмінні та теплові явища. Вони характеризуються високою чутливістю до умов середовища та значною варіабельністю. У зв'язку з цим ефективне управління такими процесами є критично важливим для забезпечення стабільності виробництва.

Історично ферментаційні процеси значною мірою залежали від досвіду оператора, а контроль здійснювався обмеженою кількістю параметрів. Сучасний розвиток сенсорних технологій та інформаційних систем дозволив перейти до повноцінної автоматизації, що значно підвищує відтворюваність і продуктивність процесів.

Метою роботи є узагальнення сучасних підходів до автоматизації управління ферментерами та визначення перспектив розвитку інтелектуальних систем керування у біотехнологічному виробництві.

Ферментер є центральним апаратом біотехнологічного виробництва, в якому створюються оптимальні умови для росту мікроорганізмів та синтезу цільових продуктів. Для забезпечення ефективного перебігу процесу необхідно контролювати такі параметри, як температура, рН, концентрація розчиненого кисню, швидкість перемішування, склад живильного середовища тощо.

Складність автоматизації ферментаційних процесів зумовлена низкою факторів:

1. нелінійною природою біологічних систем;
2. обмеженою кількістю доступних онлайн-вимірювань;
3. необхідністю підтримання стерильності;
4. наявністю невимірюваних параметрів (біомаса, метаболіти).

Сучасні системи управління ферментерами будуються за ієрархічним принципом та включають рівні датчиків, контролерів (PLC, DCS) та операторських станцій. Такі системи забезпечують збір, обробку та візуалізацію даних, а також формування керуючих впливів у реальному часі.

Останні дослідження спрямовані на перехід до розподілених і «плоских» структур керування із використанням інтелектуальних сенсорів та виконавчих механізмів. Це дозволяє підвищити швидкодію, гнучкість і надійність системи.

Важливим напрямом є застосування біосенсорів, які дають змогу проводити безперервний моніторинг концентрацій субстратів і продуктів реакції. Такі системи дозволяють реалізовувати замкнені контури управління та адаптивні стратегії регулювання.

Перспективним підходом є використання методів штучного інтелекту та цифрових двійників, які дають можливість прогнозувати поведінку біопроцесу та оптимізувати режими роботи без проведення дорогих експериментів.

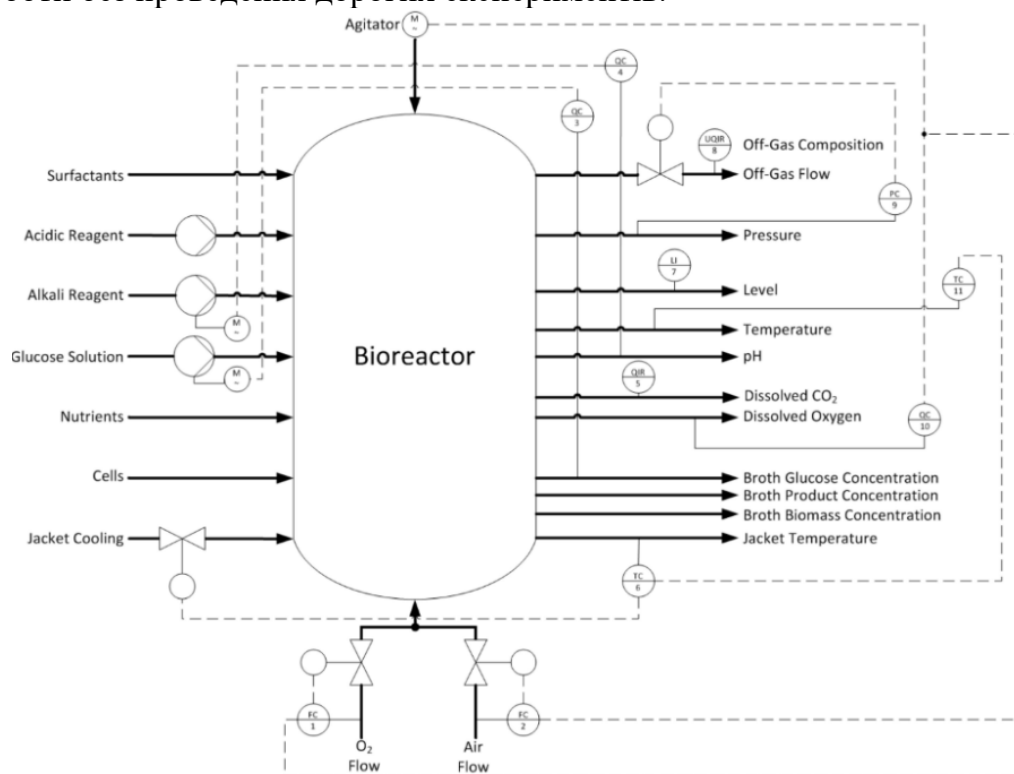


Рисунок – Структурна схема автоматизованої системи управління ферментером

Типова система включає:

1. датчики (температури, pH, DO, тиску);
2. контролери (PLC/DCS);
3. виконавчі механізми (клапани, мішалки, подача газів);
4. програмне забезпечення для моніторингу та оптимізації.

Наукова новизна та перспективи досліджень

Сучасні тенденції розвитку автоматизації ферментаційних процесів пов'язані з інтеграцією:

1. інтелектуальних сенсорів;
2. адаптивних і предиктивних алгоритмів керування;
3. систем машинного навчання;

4. цифрових моделей біореакторів.

Очікується, що такі підходи дозволять суттєво підвищити вихід продукції, зменшити енергоспоживання та забезпечити стабільність якості біотехнологічних продуктів.

Автоматизація управління ферментерами є ключовим фактором розвитку сучасної біотехнології. Незважаючи на значні досягнення, дана сфера залишається актуальною через складність біологічних процесів та необхідність підвищення ефективності виробництва. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку інтелектуальних систем керування, здатних адаптуватися до змін параметрів середовища та забезпечувати оптимальні умови культивування.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ LSTM ДЛЯ КЕРУВАННЯ РЕАКТОРОМ СИНТЕЗУ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

Самойлова Ж.Г., к.т.н., доцент, Татарчук Р.Є.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

LSTM (Long Short-Term Memory – довга короткострокова пам'ять) – це архітектура рекурентних нейронних мереж (RNN), розроблена для обробки послідовностей даних та боротьби з проблемою «загасаючого градієнта». На відміну від звичайних RNN, LSTM здатна запам'ятовувати інформацію на довгих інтервалах часу.

Принцип роботи LSTM мереж: використовує спеціальні «комірки пам'яті» (cell state) та механізми вентилів (gates: забування, введення, виведення) для керування тим, яку інформацію зберегти, а яку видалити [1].

В керуванні хімічними реакторами, такими як реактор синтезу оцтової кислоти (процес Монсанто або Cativa), LSTM-мережі цінуються за їхню здатність працювати з тимчасовими рядами та враховувати інерцію хімічних процесів.

Основні способи застосування LSTM мереж:

1. Віртуальні аналізатори (Soft Sensors). Це найчастіше застосування. Традиційні датчики (наприклад, хроматографи) видають дані про склад суміші із затримкою 15–30 хвилин. LSTM навчається на минулих даних: зіставляє миттєві показники (температура, тиск, витрати реагентів) із результатами лабораторних аналізів. Модель передбачає концентрацію оцтової кислоти та побічних продуктів (йодистого метилу, води) в режимі реального часу, дозволяючи оператору реагувати миттєво.

2. Предиктивне управління (MPC з урахуванням LSTM). Реактор синтезу – це система із сильними затримками. Зміна подачі каталізатора чи метанолу впливає вихід продукту відразу. LSTM виступає в ролі «моделі процесу», яка передбачає поведінку реактора на кілька кроків уперед. Контролер може заздалегідь скоригувати подачу сировини, щоб уникнути перегріву або падіння виходу продукції, враховуючи пам'ять про попередні стани системи.

3. Виявлення аномалій та відмов. Процес синтезу агресивний (використовується корозійна оцтова кислота та йодиди). Модель навчається на даних нормальної роботи. Якщо поточні показники починають відхилятися від передбачених LSTM патернів, система сигналізує про забивання форсунок, дезактивацію каталізатора або витоків. Це дозволяє запобігати аварійним зупинкам.

4. Оптимізація виходу. Синтез оцтової кислоти – екзотермічна реакція (виділяється тепло). Важливо тримати баланс між швидкістю реакції та безпекою. LSTM знаходить складні нелінійні залежності між температурою охолодження та концентрацією активного каталізатора. Також мережа підтримує максимальну продуктивність при мінімальній витраті дорогих компонентів (наприклад, родієвого або іридієвого каталізатора).

Типова архітектура LSTM виглядає так:

1. Вхідний шар (Input Layer)

- Розмірність: (Batch_size, Lookback_window, Features).

• Lookback_window (Вікно затримки): ключовий параметр. Для реактора це час, протягом якого система встигає відреагувати зміну (наприклад, від 10 до 60 хвилин із кроком 1 хвилину).

• Features: Тиск, температура в різних зонах, витрати метанолу та CO, рівень у реакторі, активність каталізатора.

2. Шар нормалізації (Batch Normalization)

У хімічних процесах дані мають різний масштаб (тиск МПа, а витрата в м³/ч). Шар BN прискорює збіжність та робить модель стійкою до різких стрибків датчиків.

3. Приховані шари LSTM

Зазвичай використовують 2 або 3 шари:

• Layer 1 (Encoder): Наприклад, 64 або 128 юнітів. Обов'язково return_sequences=True щоб передати тимчасову структуру наступному шару.

• Layer 2 (Processing): 32 або 64 юніти. Тут виходять більш високорівневі залежності.

• Dropout: Між шарами додається Dropout (0.1–0.2) для запобігання перенавчанню на шумах датчиків.

4. Шар уваги (Attention Mechanism) - рекомендується

Додавання шару Attention поверх LSTM дозволяє нейромережі "сфокусуватися" на конкретних моментах у минулому. Наприклад, якщо 15 хвилин тому був стрибок тиску, Attention виділить цю подію як критично важливу для поточного виходу продукту.

5. Повнозв'язковий блок (Dense Layers)

• Шар Flatten або Global Average Pooling: Перехід від послідовності до фінального вектора.

• Dense Layer: 16–32 нейрони з функцією активації ReLU або Swish.

• Output Layer: Один нейрон з лінійною активацією (для передбачення концентрації) або Softmax (якщо завдання - класифікація станів реактора: "норма", "передаварійне", "аварія").

Таким чином на основі проведеного дослідження можна зробити висновок щодо можливого використання нейромережі LSTM для керування реактором синтезу оцтової кислоти.

Література

1. <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ug/long-short-term-memory-networks.html>

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗМІШУВАЧЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА У ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Горло Д.В., Лорія М.Г. д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Актуальність У сучасному фармацевтичному виробництві підвищуються вимоги до точності, відтворюваності та стабільності технологічних процесів. Особливу роль відіграє процес змішування, від якого залежить однорідність лікарських форм. Раніше розроблена комп'ютерно-інтегрована система контролю та управління (KISKU) показала високу ефективність, однак подальший розвиток потребує впровадження інтелектуальних методів прогнозування та оптимізації.

Перспективним напрямком є використання концепції цифрового двійника (Digital Twin) у поєднанні з алгоритмами машинного навчання, що дозволяє не лише контролювати процес, а й прогнозувати його поведінку.

Мета: Розробити інтелектуальну KISKU змішувачем із використанням цифрового двійника та методів машинного навчання для підвищення якості та ефективності фармацевтичного виробництва.

Завдання:

Розширити математичну модель процесу змішування з урахуванням стохастичних факторів.

Розробити цифровий двійник змішувача.

Інтегрувати алгоритми машинного навчання для прогнозування якості суміші.

Провести моделювання та порівняльний аналіз із класичною KISKU.

Удосконалена математична модель процесу

Для підвищення точності моделювання введено стохастичну складову:

$$\frac{dC}{dt} = k(C_{\text{суміші}} - C) + \xi(t) \quad (1)$$

де: $\xi(t)$ — випадкове збурення, що враховує невизначеності процесу.

Тепловий баланс також доповнено адаптивним коефіцієнтом теплопередачі:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{Q_{\text{зовнішнє}} - Q_{\text{охолодження}}}{mC_p} + \alpha(T_{\text{зад}} - T) \quad (2)$$

де: α — адаптивний коефіцієнт регулювання.

Архітектура інтелектуальної KISKU

Система включає такі нові компоненти:

Цифровий двійник змішувача. Віртуальна модель, яка в реальному часі повторює стан фізичного об'єкта.

Модуль машинного навчання. Використовуються регресійні моделі (наприклад, Random Forest або нейронні мережі) для прогнозування:

однорідності суміші;

оптимального часу змішування;

енергоспоживання.

Адаптивна система управління. Поєднання класичних PID-регуляторів із предиктивним керуванням (MPC).

Інтелектуальні сенсори нового покоління. Забезпечують розширений збір даних для навчання моделей.

Моделювання та результати.

Порівняльне моделювання показало:
 зниження коливань концентрації до 1% (проти 2% у попередній системі);
 скорочення часу змішування на 15%;
 зниження енергоспоживання до 18%;
 підвищення точності прогнозу якості продукту до 95%.

Цифровий двійник дозволив виявляти відхилення процесу ще до їх фактичного виникнення.

Наукова новизна. Вперше для даного класу задач запропоновано інтеграцію KICKU з цифровим двійником змішувача.

Розроблено гібридну систему управління, що поєднує PID та машинне навчання.

Запропоновано підхід до прогнозування якості фармацевтичної суміші в реальному часі.

Запропонована інтелектуальна KICKU дозволяє перейти від реактивного до прогнозуючого управління технологічним процесом. Використання цифрового двійника та машинного навчання забезпечує значне підвищення якості продукції та ефективності виробництва.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на впровадження системи у реальні виробничі умови та розширення бази навчальних даних.

Література

1. Воробей О. П., Коваленко І. В. Теоретичні аспекти виробництва азотної кислоти. – 2021.
2. Brown D., Wilson A. Control Systems in Chemical Engineering. – 2023.
3. Tao F., Qi Q. Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing. – 2019.

АДАПТИВНЕ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ СТЕРИЛІЗАЦІЇ В АВТОКЛАВІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МЕДИЧНИХ ВИРОБІВ

Гритчин Р.В. Купіна О.А.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасні вимоги до виробництва медичних виробів передбачають не лише стабільність параметрів стерилізації, але й адаптивність систем керування до змін зовнішніх умов та характеристик об'єкта. Класичні PID-регулятори, хоча й ефективні, мають обмеження при нелінійності процесу та змінних теплових навантаженнях.

Тому актуальним є впровадження інтелектуальних методів керування, що дозволяють підвищити точність, швидкодію та енергоефективність процесу стерилізації.

Мета: Розробка інтелектуальної системи управління процесом стерилізації в автоклаві на основі адаптивних алгоритмів регулювання.

Завдання:

1. Удосконалити математичну модель процесу стерилізації з урахуванням нелінійностей.
2. Розробити адаптивний PID-регулятор із самоналаштуванням параметрів.
3. Реалізувати алгоритм прогнозування параметрів стерилізації.
4. Провести комп'ютерне моделювання та оцінити ефективність системи.

Удосконалена математична модель

Для підвищення точності опису процесу введено нелінійні складові теплових втрат:

$$mC_p \frac{dT}{dt} = Q_{in} - k(T - T_{env}) - \alpha(T - T_{env})^2$$

де: k — коефіцієнт лінійних теплових втрат, α — коефіцієнт нелінійних втрат.

Модель тиску уточнено з урахуванням динаміки зміни маси пари:

$$P(t) = \frac{n(t)RT(t)}{V}$$

Розробка інтелектуальної системи управління

1. Адаптивний PID-регулятор

Коефіцієнти регулятора змінюються в реальному часі:

$$u(t) = K_p(t)e(t) + K_i(t) \int e(t)dt + K_d(t) \frac{de(t)}{dt}$$

Адаптація здійснюється на основі: градієнтних методів, або алгоритму мінімізації інтегральної похибки.

2. Прогнозуюче керування

Використано елемент Model Predictive Control (MPC): прогноз температури на кілька кроків вперед, оптимізація подачі тепла.

3. Інтелектуальний модуль аналізу

Система включає: виявлення аномалій, прогноз відхилень, рекомендації оператору.

Моделювання та результати

Результати комп'ютерного моделювання показали:

1. зменшення перерегулювання на 30–40%;
2. скорочення часу виходу на режим на 20%;
3. зниження енергоспоживання до 18%;
4. підвищення точності підтримки температури до $\pm 0,2^\circ\text{C}$.

Наукова новизна

1. Запропоновано адаптивну модель теплового процесу стерилізації.
2. Розроблено PID-регулятор зі змінними параметрами.
3. Вперше для даного об'єкта застосовано прогноуюче керування (MPC).

Практична значущість

Розроблена система може бути впроваджена:

1. у виробництві медичних виробів,
2. у фармацевтичній промисловості,
3. у лабораторних стерилізаційних установках.

Інтелектуалізація системи управління автоклавом дозволяє значно підвищити ефективність процесу стерилізації. Поєднання адаптивного PID-регулювання та прогноуючих алгоритмів забезпечує високу точність, стабільність і енергоефективність, що відповідає сучасним вимогам промисловості.

Література

1. Сидоров, В. П., & Іванова, М. А. (2022). Автоматизація технологічних процесів стерилізації в медичній промисловості.
2. Thompson, J., & Lee, C. (2023). Advanced Autoclave Control Systems in Medical Device Manufacturing.
3. Camacho, E. F., & Bordons, C. (2013). Model Predictive Control. Springer.

АНАЛІЗ ТА СТРУКТУРИЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ У ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ КОЛОНИ СИНТЕЗУ АМІАКУ

Дуришев О.А., Лорія М.Г. д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У роботі розглянуто підхід до аналізу складного технологічного процесу як об'єкта керування на прикладі колони синтезу аміаку. Визначено основні вхідні, вихідні та збурюючі параметри, а також встановлено логічні зв'язки між ними, що є основою для побудови адекватної математичної моделі та подальшого синтезу системи керування.

На етапі аналізу технологічного процесу основною задачею є визначення координат процесу, керуючих впливів та параметрів, що підлягають контролю. Також необхідно встановити умови роботи систем захисту, визначити методи вимірювання технологічних параметрів і сформулювати рівняння матеріальних та теплових балансів [1]. Джерелами інформації можуть бути технологічні регламенти, експлуатаційна документація, архіви даних та експертні оцінки. При цьому, як зазначено у, використання лише стандартних джерел інформації не завжди забезпечує достатню повноту даних, що обумовлює доцільність залучення експертної інформації.

Технологічний процес доцільно розглядати як інформаційну систему з причинно-наслідковими зв'язками між параметрами, що дозволяє представити його у вигляді інформаційно-логічної схеми [1]. Такий підхід забезпечує наочне відображення взаємодії змінних та спрощує подальшу розробку математичної моделі.

Інформаційно-логічна схема полиці колони синтезу аміаку наведена на рис. 1.

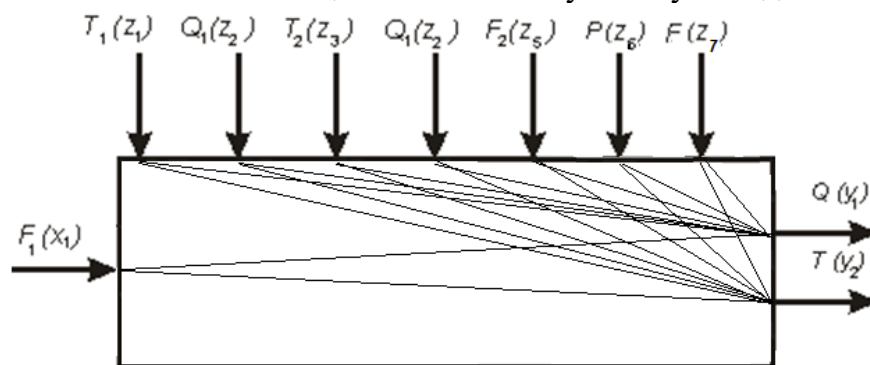


Рис. 1 – Інформаційно-логічна схема полиці газопого реактора

Аналіз показує, що вихідними параметрами процесу є концентрація аміаку Q , температура T та тиск P . При цьому тиск визначається роботою компресора і розглядається як збурюючий параметр, тоді як керуючим впливом є витрата газу по «холодному» байпасу F_1 [1]. Інші параметри, зокрема витрата по основному ходу F_2 , температури та концентрації вхідних потоків, належать до збурень.

Особливістю процесу є сильна взаємозалежність параметрів: зміна будь-якого вхідного або збурюючого параметра призводить до зміни всіх вихідних координат, що свідчить про складну нелінійну природу об'єкта керування.

Для отримання повної математичної моделі колони синтезу аміаку необхідно також врахувати роботу теплообмінника, що входить до складу установки. Інформаційно-логічна схема теплообмінника наведена на рис. 2.

Внутрішній теплообмінник характеризується відсутністю керуючих впливів, а всі його параметри відносяться до збурюючих, що ускладнює процес керування та підвищує вимоги до адекватності математичної моделі [1].

Проведений аналіз показав, що для адекватного опису процесу необхідно формувати комплексну модель, яка включає математичні моделі трьох полиць реактора та теплообмінника. Такий підхід дозволяє врахувати всі суттєві фізичні процеси та взаємозв'язки між параметрами та забезпечує основу для побудови ефективної системи керування з моделлю.

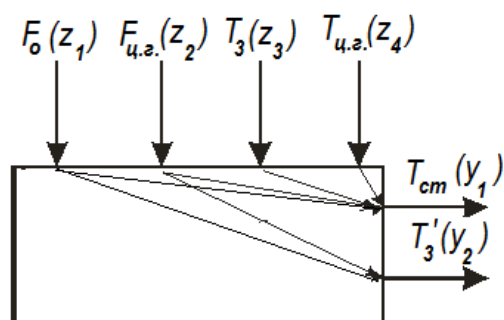


Рис. 2 – Інформаційно-логічна схема кожухотрубного теплообмінника

Отримані результати підтверджують, що ефективне використання технологічного ресурсу можливе лише за умови підтримання оптимального режиму роботи колони синтезу аміаку з урахуванням дії збурень. Це вимагає застосування адаптивних систем керування, здатних працювати в умовах невизначеності та змінних режимів.

Література

1. Лорія М. Г. та ін. Принципи та етапи створення систем автоматичного керування з моделлю складними технологічними процесами // Східно-Європейський журнал передових технологій, 2022.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЛІОФІЛІЗАЦІЇ У ВАКУУМНИХ СУШАРКАХ

Кузьмінський С.В., аспірант кафедри КІСУ

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасних умовах розвитку харчової та фармацевтичної промисловості особливої актуальності набуває підвищення ефективності процесів ліофілізації, що дозволяють зберігати біологічно активні властивості продуктів. На відміну від попередніх досліджень, де основна увага приділялась моніторингу та базовому управлінню вакуумною сушаркою, дана робота спрямована на створення інтелектуальної системи адаптивного керування, здатної автоматично підлаштовувати режими сушіння відповідно до змін властивостей продукту та умов процесу.

Процес ліофілізації характеризується складною нелінійною динамікою, що зумовлена взаємодією тепломасообмінних процесів, зміною фазового стану води та варіацією параметрів вакуумного середовища. Традиційні системи керування, які базуються на жорстко заданих режимах, не забезпечують достатньої гнучкості, що призводить до перевитрат енергії або погіршення якості кінцевого продукту. Запропонований підхід передбачає використання комп'ютерно-інтегрованої системи з елементами інтелектуального аналізу даних, що дозволяє в реальному часі оцінювати стан процесу та коригувати керуючі впливи.

Система включає розширений набір сенсорів для вимірювання температури продукту, тиску в камері, швидкості сублімації та залишкової вологості. Отримані дані обробляються за допомогою алгоритмів адаптивного керування, які формують оптимальні траєкторії зміни температури нагрівальних полиць і рівня вакууму. Особливістю є використання

прогнозуючих моделей, що дозволяють передбачати поведінку системи та уникати критичних режимів, таких як колапс структури продукту або перегрів.

У процесі дослідження було встановлено, що впровадження адаптивного керування дозволяє значно підвищити стабільність процесу ліофілізації та скоротити тривалість сушіння. Це досягається за рахунок більш точного регулювання теплових потоків і своєчасного реагування на зміну характеристик матеріалу. Крім того, система забезпечує накопичення історичних даних, що відкриває можливості для подальшої оптимізації технології та впровадження елементів машинного навчання.

Результати моделювання та експериментальних досліджень підтверджують ефективність запропонованого підходу. Зокрема, спостерігається зменшення енергоспоживання та покращення однорідності висушеного продукту. Отримані результати можуть бути використані при модернізації існуючих установок та створенні нових високоефективних систем ліофілізації.

Графічна інтерпретація результатів дослідження відображає залежність залишкової вологості продукту від часу сушіння при традиційному та адаптивному керуванні:

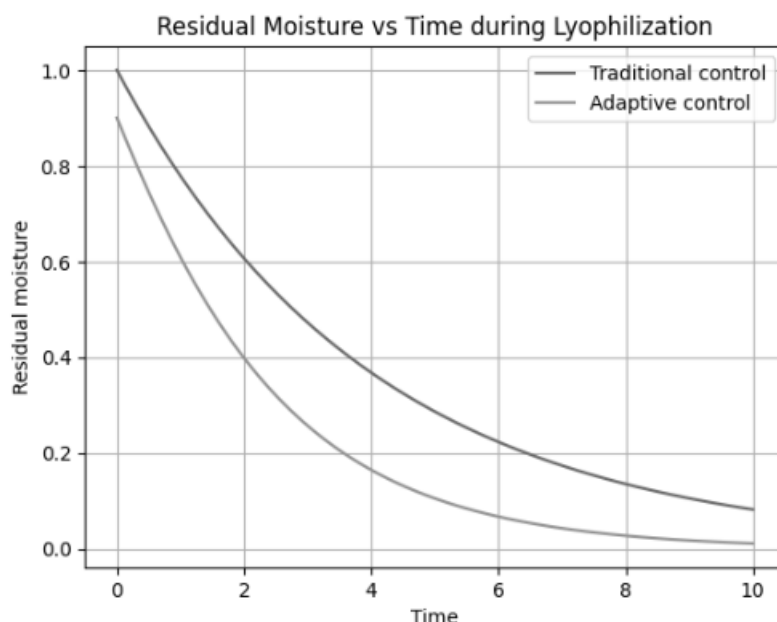


Рисунок – Залежність залишкової вологості продукту від часу сушіння при традиційному та адаптивному керуванні процесом ліофілізації

Як видно з графіка, адаптивне керування забезпечує більш інтенсивне видалення вологи на початкових етапах та плавний перехід до завершальної стадії процесу, що дозволяє уникнути деградації структури продукту та скоротити загальний час сушіння.

Таким чином, запропонована інтелектуальна комп'ютерно-інтегрована система є перспективним напрямом розвитку автоматизованих технологій ліофілізації та може стати основою для створення повністю автономних виробничих комплексів нового покоління.

Література

1. Ratti, C. Freeze drying of foods: principles and applications. Journal of Food Engineering, 2001, 49(4), 311–319.
2. Geankoplis, C. J. Transport Processes and Separation Process Principles. – 4th ed. – Prentice Hall, 2003. – 900 p. (розділи з масо- та теплопереносу застосовні до процесів сушіння).
3. Бугайов, В. М., Саченко, С. М. Комп'ютерно-інтегровані системи керування технологічними процесами. – Тернопіль: ТНТУ, 2017. – 380 с.

РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ СКЛАДНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Кобзарев Є.В., Лорія М.Г. д.т.н., професор

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Сучасні хіміко-технологічні процеси характеризуються високою складністю, багатопараметричністю та наявністю множинних внутрішніх взаємозв'язків між змінними стану. Значна частина таких процесів є неперервними та енергоємними, що обумовлює необхідність підвищення ефективності їх функціонування шляхом оптимізації режимів роботи. Як зазначено у, підтримка технологічного процесу в оптимальних умовах при мінімальних витратах ресурсів є складною задачею, яку неможливо розв'язати лише традиційними засобами автоматизації.

Важливим напрямом підвищення ефективності є використання систем керування з моделлю технологічного процесу. Однак, незважаючи на значну кількість досліджень у цій області, відсутній єдиний підхід до їх створення. Крім того, основною проблемою є забезпечення адекватності математичної моделі в умовах змінних режимів роботи об'єкта, оскільки «жодна математична модель фізичної системи не є абсолютно точною» [1].

Аналіз сучасних досліджень показує, що існуючі підходи або не забезпечують достатньої точності в широкому діапазоні режимів, або є надто складними для практичної реалізації. Зокрема, моделі високого порядку забезпечують кращу точність, але потребують складних методів розв'язання та ідентифікації параметрів. У той же час спрощені моделі мають обмежену область адекватності.

У зв'язку з цим запропоновано підхід до побудови комбінованої математичної моделі, що поєднує аналітичний (детермінований) та експериментально-статистичний методи. Такий підхід дозволяє враховувати фізичну природу процесу та одночасно адаптувати модель до реальних умов функціонування, що забезпечує «розширення інформаційної бази результуючої моделі» [1].

Методологія створення системи керування з моделлю включає взаємопов'язані етапи: аналіз технологічного процесу, побудову інформаційно-логічної схеми, розробку математичних моделей, створення алгоритмів керування та їх практичну реалізацію. В основу функціонування такої системи покладено принцип постійного порівняння розрахункових і вимірних параметрів процесу, що дозволяє контролювати адекватність моделі та своєчасно виконувати її коригування.

Математичний опис процесу базується на рівняннях матеріального та теплового балансів, що дозволяє отримати динамічні моделі за основними координатами процесу — температурою та концентрацією цільового компонента. Для складного технологічного об'єкта, такого як колона синтезу аміаку, модель може бути зведена до відносно простої форми (рівняння четвертого порядку), що є зручним для практичного використання в системах керування.

Структурний принцип створення системи керування з моделлю складними технологічними процесами наведено на рис.

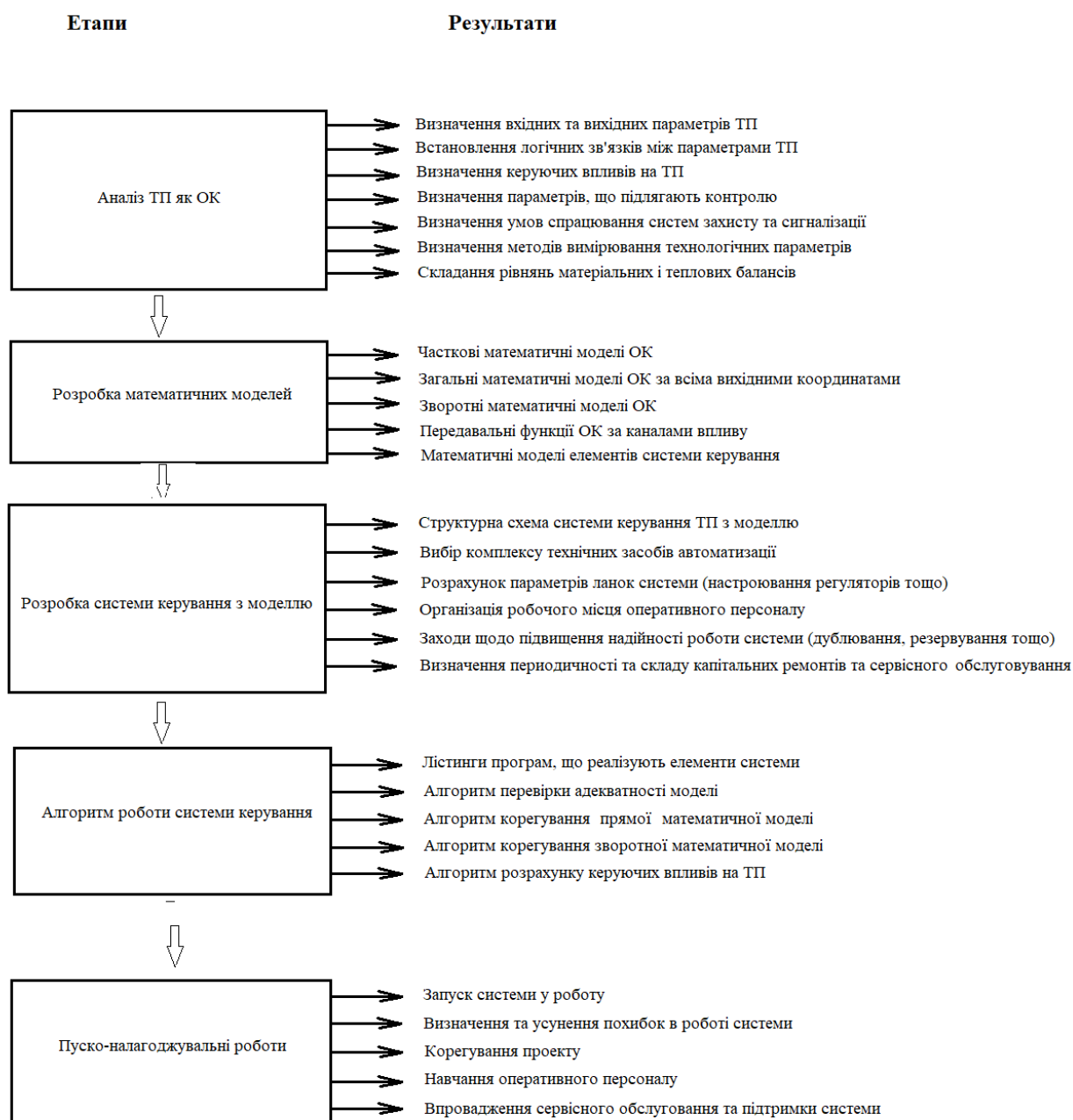


Рисунок – Принцип створення системи керування з моделлю складними технологічними процесами

Запропонований підхід дозволяє забезпечити адаптацію математичної моделі до змінних умов роботи об'єкта шляхом коригування її параметрів на основі поточних даних. Це створює передумови для підвищення точності керування, ефективного використання ресурсів та оптимізації режимів роботи складних технологічних процесів.

Література

1. Лорія М. Г. та ін. Принципи та етапи створення систем автоматичного керування з моделлю складними технологічними процесами // Східно-Європейський журнал передових технологій, 2022.

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ КОМПЛЕКСНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПАСІЧНИМ ГОСПОДАРСТВОМ З ЕЛЕМЕНТАМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА АНАЛІТИКИ

Сотніков Д.О., Сотнікова Т.Г., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору особливої уваги набуває підвищення ефективності пасічних господарств, що зумовлено як економічними факторами, так і глобальними екологічними викликами. Зниження чисельності бджолиних сімей, вплив кліматичних змін, поширення захворювань та паразитів значно ускладнюють процес ведення пасіки. Традиційні підходи до управління пасічним господарством, які базуються переважно на досвіді пасічника та періодичних оглядах вуликів, не забезпечують достатнього рівня оперативності, точності та об'єктивності отриманої інформації.

У зв'язку з цим актуальним є впровадження комплексних автоматизованих систем, здатних здійснювати безперервний моніторинг стану пасіки, аналіз накопичених даних та формування рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

Мета та завдання дослідження

Метою роботи є розробка інтелектуальної комплексної автоматизованої системи управління пасічним господарством, яка забезпечує інтеграцію засобів збору даних, їх обробки, аналітичного аналізу та прогнозування стану бджолиних сімей.

Досягнення поставленої мети передбачає формування єдиної інформаційної платформи, що дозволяє реалізувати безперервний контроль параметрів мікроклімату у вуликах, оцінку поведінкових характеристик бджіл, а також прогнозування розвитку небажаних процесів, таких як роїння або захворювання.

Основна ідея та концепція системи

Запропонована система базується на інтеграції сучасних інформаційних технологій, включаючи сенсорні мережі, засоби бездротового зв'язку, хмарні обчислення та методи інтелектуального аналізу даних. У кожному вулику передбачається встановлення набору сенсорів, що здійснюють вимірювання температури, вологості, ваги та акустичних характеристик середовища.

Зібрані дані передаються до центрального обчислювального середовища, де здійснюється їх попередня обробка, збереження та подальший аналіз. Особливістю системи є використання методів машинного навчання для виявлення прихованих закономірностей у поведінці бджолиних сімей. На основі отриманих моделей формується прогноз стану пасіки та генеруються рекомендації для пасічника.

Концептуально система реалізує підхід створення цифрового представлення пасічного господарства, що дозволяє відображати його стан у реальному часі та моделювати можливі сценарії розвитку.

Запропонована структура передбачає ієрархічну організацію, в якій нижній рівень відповідає за збір первинних даних, а верхні рівні забезпечують їх інтерпретацію та використання для підтримки прийняття рішень.

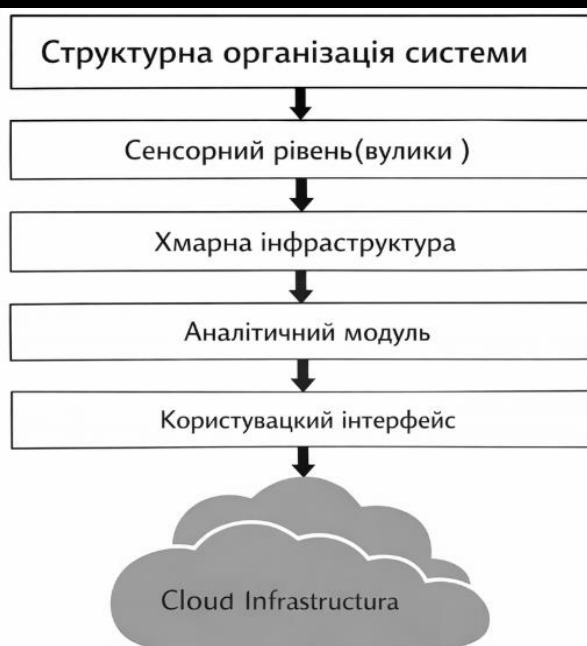


Рисунок 1 – Структурна організація інтелектуальної автоматизованої системи управління пасічним господарством

Наукова новизна

Наукова новизна роботи полягає у розробці підходу до побудови інтелектуальної системи управління пасічним господарством, що поєднує функції моніторингу, аналізу та прогнозування в єдиному інформаційному середовищі. Особливістю є використання акустичного аналізу як інформативного параметра для оцінки стану бджолиних сімей, а також застосування методів прогнозування для своєчасного виявлення критичних ситуацій.

Додатковою новизною є реалізація концепції цифрового двійника пасіки, що забезпечує можливість моделювання її функціонування та оцінки ефективності управлінських рішень.

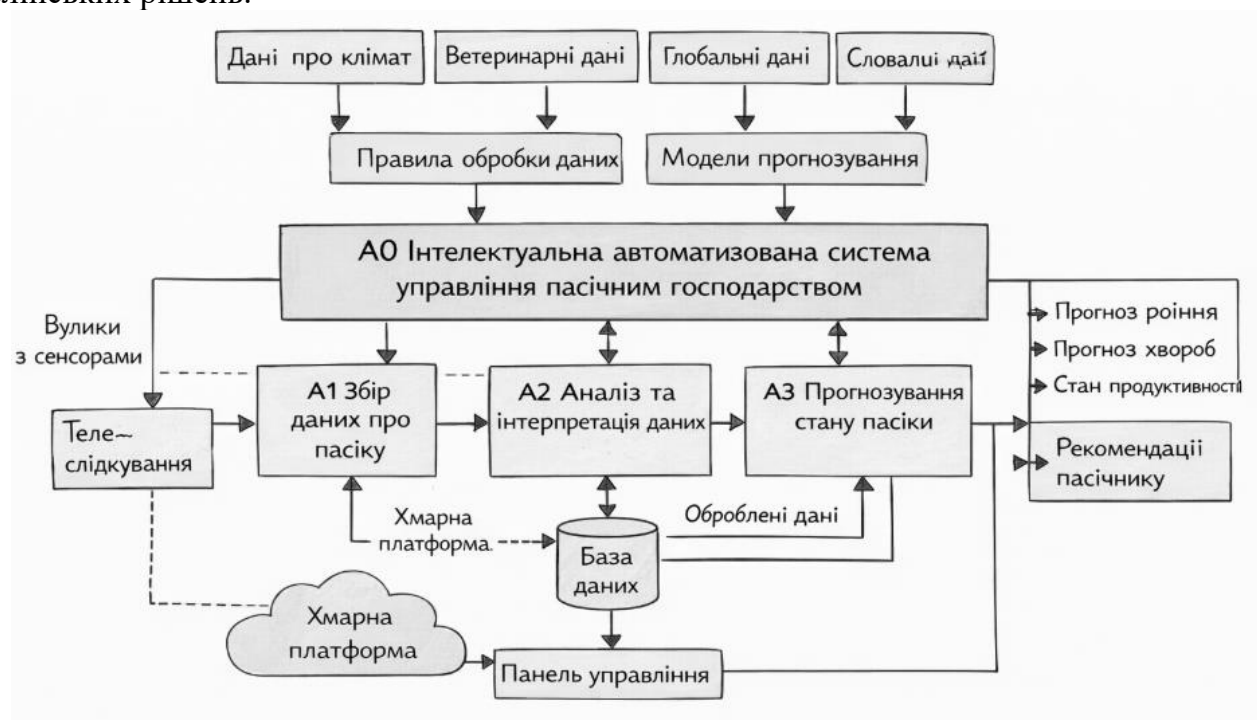


Рисунок 2 – Функціональна модель інтелектуальної автоматизованої системи управління пасічним господарством

Практичне значення результатів

Практичне значення роботи визначається можливістю впровадження розробленої системи у реальні пасічні господарства різного масштабу. Використання системи дозволяє значно підвищити ефективність управління, зменшити втрати бджолиних сімей, оптимізувати процеси збору продукції та знизити залежність від суб'єктивних факторів.

Крім того, результати дослідження можуть бути використані у навчальному процесі та при подальшому розвитку систем автоматизації в аграрному секторі.

Таким чином, розробка інтелектуальної комплексної автоматизованої системи управління пасічним господарством є перспективним напрямом розвитку сучасних інформаційних технологій у сільському господарстві. Запропонований підхід забезпечує перехід до нового рівня управління, що базується на даних, їх аналітичній обробці та прогнозуванні, що в кінцевому підсумку сприяє підвищенню ефективності та стійкості пасічних господарств.

Література

1. Zacepins, A., et al. "Application of information technologies in precision beekeeping." Biosystems Engineering, 2015.
2. Bencsik, M., et al. "Identification of the honeybee swarming process by analysing the acoustic environment of the hive." Computers and Electronics in Agriculture, 2018.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A COMPLEX COMPUTER-INTEGRATED CONTROL SYSTEM FOR A DISTILLATION COLUMN IN BIOETHANOL PRODUCTION

A. Z. Stetsyk, M. H. Loria, Doctor of Technical Sciences, Professor
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
University of Malaga, Spain

The growing demand for renewable energy sources and environmentally sustainable technologies has significantly increased interest in bioethanol production as an alternative fuel. Distillation remains a key stage in the bioethanol manufacturing process, as it ensures the separation and purification of ethanol from fermentation mixtures. However, distillation columns are inherently complex dynamic systems characterized by strong nonlinearities, multivariable interactions, and sensitivity to disturbances, which complicates their control and optimization.

In modern industrial conditions, improving the efficiency and reliability of distillation processes requires the integration of advanced control strategies with computer-based monitoring and decision-making systems. The development of a complex computer-integrated control system for a distillation column is therefore an актуальна задача, particularly in the context of bioethanol production, where energy consumption and product purity are critical performance indicators.

This research focuses on the conceptual development and analysis of a computer-integrated control system designed to enhance the operational stability and efficiency of a distillation column used in bioethanol production. The proposed approach is based on the integration of process modeling, real-time data acquisition, and intelligent control algorithms within a unified digital framework. Such integration enables continuous monitoring of key технологічних параметрів, including temperature profiles, reflux ratio, feed composition, and pressure conditions, while simultaneously providing adaptive control actions in response to internal and external disturbances.

A significant aspect of the study is the consideration of the distillation column as a multivariable control object with distributed parameters. This perspective allows for a more accurate representation of mass and heat transfer processes occurring across different stages of the column. The implementation of computer-integrated technologies facilitates the use of advanced methods such as predictive control, digital twins, and data-driven optimization, which contribute

to improved control accuracy and reduced energy consumption. The generalized structure of the distillation column and its control system is presented in Figure.

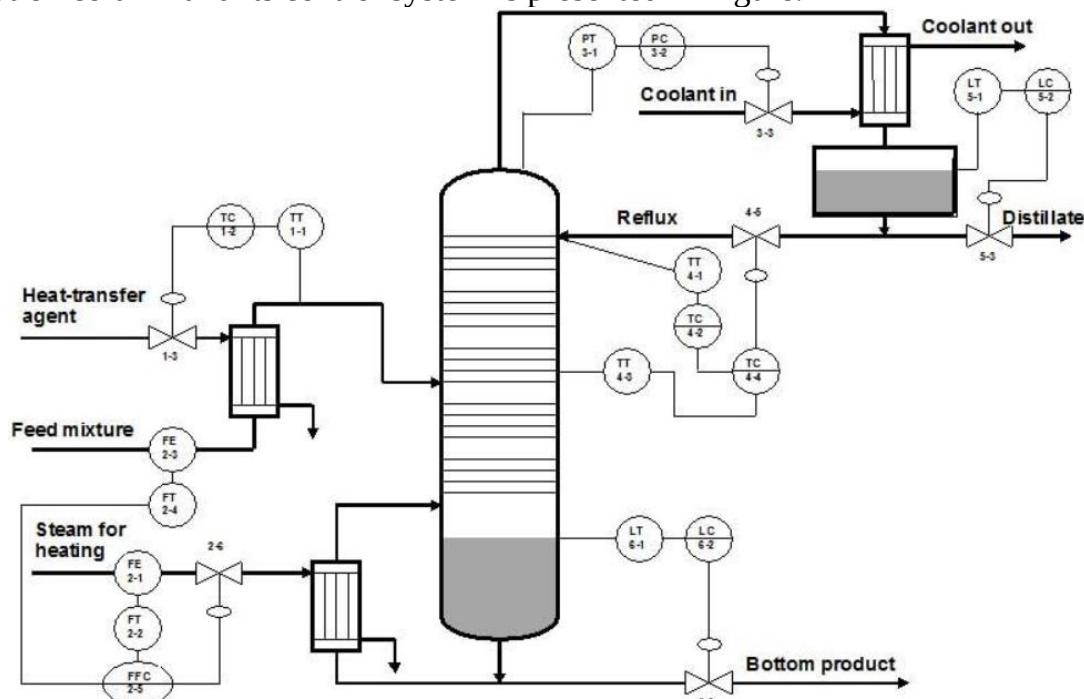


Figure – Process and control scheme of the distillation column in bioethanol production

Furthermore, the research addresses the challenges associated with maintaining product quality under varying operating conditions. The integration of intelligent decision-support systems enhances the ability to detect deviations, predict system behavior, and implement corrective actions in real time. This is particularly important in bioethanol production, where fluctuations in raw material composition can significantly affect the separation process.

The expected outcomes of this work include the development of a robust control structure capable of ensuring stable operation of the distillation column, improving energy efficiency, and maintaining high product purity. The results of this research can be applied in the modernization of existing bioethanol production facilities as well as in the design of new energy-efficient and environmentally friendly technological systems.

In conclusion, the development of a complex computer-integrated control system for distillation processes represents a перспективний напрямок in chemical engineering and industrial automation. Its implementation in bioethanol production not only enhances process performance but also contributes to the broader goals of sustainable energy development and resource efficiency.

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕПЛООБМІННИМИ ПРОЦЕСАМИ У ВИПАРНИКУ РІДКОГО АМІАКУ В ВИРОБНИЦТВІ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

Савельєв В.В., Целіщев О.Б., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасне виробництво аміачної селітри характеризується високим рівнем енергоспоживання та складністю теплообмінних процесів, що відбуваються у випарниках рідкого аміаку. Ефективність функціонування таких апаратів безпосередньо впливає на стабільність усього технологічного ланцюга, а також на економічні показники виробництва. У попередніх дослідженнях було розроблено комп'ютерно-інтегровану систему керування випарником як теплообмінником, яка забезпечує базовий рівень автоматизації та стабілізації параметрів. Проте сучасні вимоги до гнучкості та адаптивності систем керування обумовлюють необхідність переходу до інтелектуалізованих рішень.

Метою даної роботи є розвиток існуючої системи керування шляхом впровадження інтелектуальних алгоритмів, здатних забезпечити адаптацію до змінних режимів роботи, прогнозування відхилень та оптимізацію теплових процесів у реальному часі. Особливістю запропонованого підходу є поєднання класичних методів автоматичного регулювання з елементами машинного навчання та цифрового моделювання.

У процесі дослідження було сформовано математичну модель теплообміну у випарнику рідкого аміаку, яка базується на фундаментальних рівняннях теплопередачі та враховує вплив динамічних змін технологічних параметрів. Ключовим співвідношенням, що визначає інтенсивність теплообміну, є:

$$Q=k \cdot A \cdot \Delta T \quad (1)$$

де кількість переданого тепла визначається коефіцієнтом теплопередачі, площею теплообмінної поверхні та температурним напором між середовищами. На відміну від класичних підходів, у даній роботі коефіцієнт теплопередачі розглядається як змінна величина, що залежить від режиму течії, тиску та фазового стану аміаку, що дозволяє більш точно описати реальні умови експлуатації.

Додатково було враховано динаміку процесу, що описується диференціальними рівняннями зміни температури та витрат, завдяки чому вдалося отримати адекватну модель перехідних процесів. Це стало основою для побудови цифрового двійника теплообмінника, який використовується для імітаційного моделювання та прогнозування поведінки системи при різних режимах навантаження.

На основі розробленої моделі реалізовано інтелектуальний контур керування, що інтегрується у існуючу комп'ютерно-інтегровану систему. Його функціонування базується на аналізі поточних і історичних даних, що надходять від датчиків температури, тиску та витрати, а також на використанні алгоритмів прогнозування для виявлення тенденцій зміни параметрів. Це дозволяє не лише реагувати на відхилення, але й завчасно коригувати режим роботи випарника.

Результати моделювання та експериментальних досліджень підтвердили ефективність запропонованого підходу. Було встановлено, що використання інтелектуальних алгоритмів дозволяє знизити енергоспоживання за рахунок оптимізації теплового балансу, а також підвищити стабільність температурного режиму. Особливо важливим є зменшення амплітуди коливань параметрів у перехідних режимах, що позитивно впливає на надійність обладнання.

Experimental and Simulated Step Response

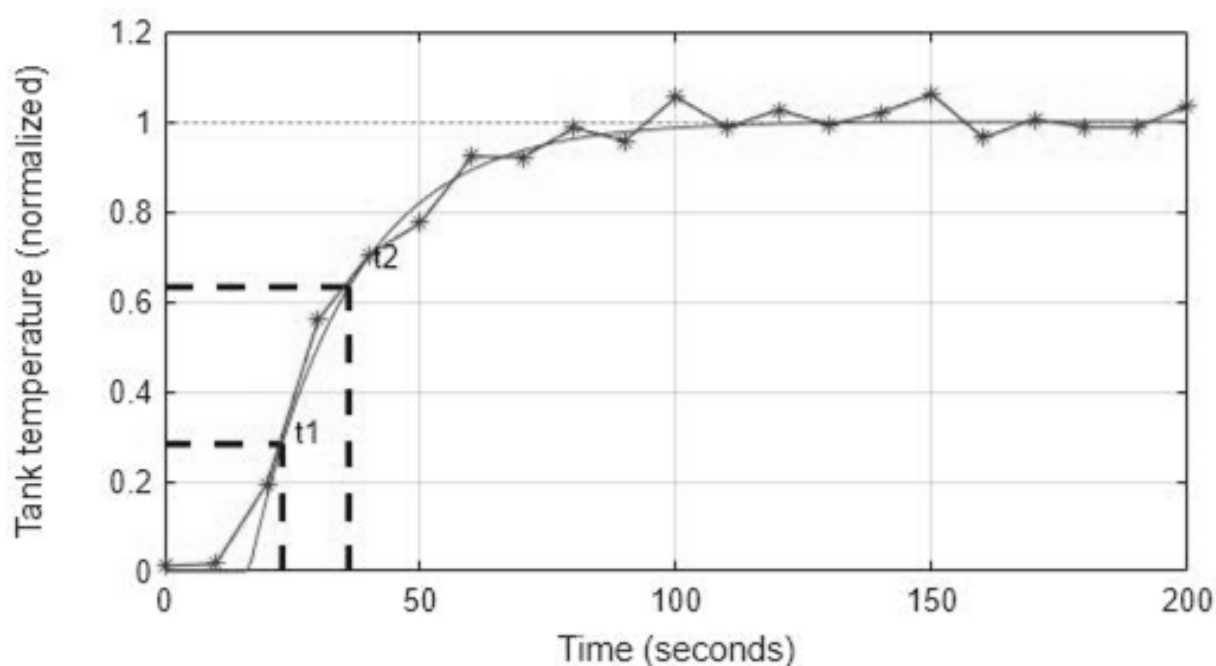


Рисунок – Експериментальна та модельна перехідні характеристики температури у випарнику рідкого аміаку

Отримані результати свідчать про доцільність подальшого розвитку інтелектуальних систем керування теплообмінними процесами у хімічній промисловості. Запропонований підхід може бути адаптований до інших типів теплообмінного обладнання, що відкриває перспективи для створення універсальних рішень у галузі автоматизації.

Таким чином, інтелектуалізація комп'ютерно-інтегрованої системи керування випарником рідкого аміаку дозволяє суттєво підвищити ефективність технологічного процесу, забезпечити його стійкість та знизити енергетичні витрати. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розвиток самонавчальних моделей та інтеграцію методів штучного інтелекту для повністю автономного керування теплообмінними процесами.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ФІЛЬТРАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ

Туранов В.В., Целіщев О.Б., д.т.н., проф.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Актуальність дослідження. Процес фільтрації у виробництві соків є складним багатофакторним процесом, що характеризується нелінійністю, нестационарністю та залежністю від властивостей сировини. Якість кінцевого продукту безпосередньо залежить від ефективності видалення завислих частинок, що вимагає точного контролю технологічних параметрів.

Існуючі системи автоматизації часто не враховують динаміку забруднення фільтра та зміну реологічних властивостей продукту, що обумовлює необхідність поглибленого аналізу сучасних підходів до управління цим процесом.

Мета дослідження. Проведення аналізу існуючих методів, моделей та систем управління процесом фільтрації у виробництві соків з метою визначення напрямків їх удосконалення.

Аналіз технологічних особливостей процесу фільтрації

Фільтрація соків характеризується:

- змінною в'язкістю середовища;
- утворенням осаду на поверхні фільтра;
- зменшенням продуктивності в часі;
- залежністю параметрів від типу сировини.

Основним параметром, що визначає ефективність процесу, є перепад тиску на фільтрувальному елементі.

Аналіз математичних моделей процесу

У більшості досліджень процес фільтрації описується рівнянням Дарсі:

$$Q = \frac{\Delta P}{\mu(R_f + R_c)} \quad (1)$$

Разом з тим, класичні моделі мають обмеження:

- не враховують зміну структури осаду;
- припускають сталість параметрів;
- не описують перехідні режими.

Динаміка накопичення осаду зазвичай задається у спрощеному вигляді:

$$R_c(t) = k \cdot V(t) \quad (2)$$

що не відображає реальних нелінійних ефектів.

Аналіз методів управління

1. Класичні системи управління

Найбільш поширеним є використання PID-регуляторів:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (3)$$

Недоліки:

- потреба ручного налаштування;
- зниження ефективності при зміні параметрів процесу;
- відсутність адаптації до забруднення фільтра.

2. Сучасні підходи

У сучасних дослідженнях застосовуються:

1. адаптивні системи управління;

2. нечітка логіка (Fuzzy Control);
3. модельно-прогнозуюче управління (MPC);
4. методи машинного навчання.

Однак їх застосування у харчовій промисловості обмежене через:

- складність реалізації;
- відсутність достатньо точних моделей;
- вимоги до надійності та простоти систем.

Аналіз існуючих автоматизованих систем

Промислові системи управління фільтрацією характеризуються:

- використанням PLC та SCADA;
- контролем тиску та витрати;
- реалізацією простих алгоритмів керування.

Основні недоліки:

- відсутність прогнозування стану фільтра;
- неефективне використання ресурсу фільтрувальних елементів;
- обмежені можливості оптимізації процесу.

Проведений аналіз показав, що:

1. існуючі моделі процесу фільтрації є спрощеними та не враховують нелінійні ефекти;
2. класичні системи управління не забезпечують достатньої адаптивності;
3. сучасні інтелектуальні методи мають потенціал, але потребують адаптації до специфіки процесу.

Встановлено необхідність розробки комплексної комп'ютерно-інтегрованої системи управління, яка поєднає математичне моделювання, адаптивне регулювання та інтелектуальні алгоритми.

Література

1. Geankoplis, C. J. Transport Processes and Separation Process Principles.
2. McCabe, W. L. Unit Operations of Chemical Engineering.
3. Cheryan, M. Ultrafiltration and Microfiltration Handbook.
4. Towler, G. Chemical Engineering Design.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A COMPLEX COMPUTER-INTEGRATED CONTROL SYSTEM FOR A GRANULATOR IN NITROGEN FERTILIZER PRODUCTION

Titarenko O.V. Kupina O.A.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The production of nitrogen fertilizers is a technologically complex, energy-intensive, and multivariable process that requires advanced automation solutions to ensure high product quality, operational stability, and resource efficiency. One of the most critical stages of this production is granulation, during which the final physical properties of the fertilizer – such as particle size distribution, strength, and moisture content – are formed.

Granulators operate under conditions characterized by strong nonlinearities, significant parameter uncertainty, and multiple interacting variables. External disturbances, such as fluctuations in feed composition, ambient conditions, and equipment wear, further complicate the control process. Traditional control approaches are often insufficient to ensure optimal performance under such conditions, which necessitates the development of complex computer-integrated control systems.

This paper presents a comprehensive overview of the development and research of a computer-integrated control and management system for a granulator used in nitrogen fertilizer production. The proposed system is based on modern concepts of industrial automation, including distributed control systems (DCS), supervisory control and data acquisition systems (SCADA), and industrial Internet of Things (IIoT) technologies.

The architecture of the system integrates multiple hierarchical levels:

1. Field level: sensors (temperature, humidity, flow rate, particle size analyzers) and actuators (valves, motors, feeders);
2. Control level: programmable logic controllers (PLC) implementing real-time control algorithms;
3. Supervisory level: SCADA systems for visualization, monitoring, and operator interaction;
4. Analytical level: data processing modules for optimization, diagnostics, and predictive analytics.

The granulation process is analyzed as a complex dynamic object. Key controlled variables include:

1. granulator drum rotational speed;
2. temperature of the granulation zone;
3. moisture content of the material;
4. feed rate of raw materials;
5. recycle ratio.

A mathematical model of the granulator is developed, taking into account nonlinear dependencies between input and output variables, time delays, and stochastic disturbances. The model serves as a basis for the synthesis of advanced control algorithms.

To improve control quality, the following approaches are considered:

1. Adaptive control, which adjusts parameters in real time depending on process conditions;
2. Model Predictive Control (MPC), which optimizes control actions based on future predictions;
3. Robust control, ensuring stability under uncertainty.

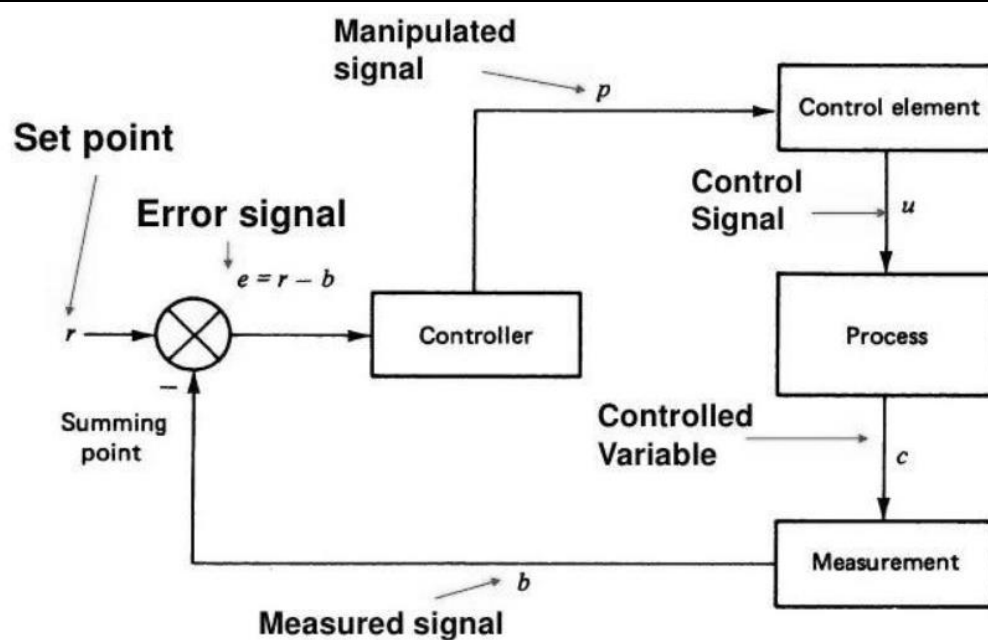


Figure – Structural diagram of the computer-integrated control system for the granulation process

Description of the diagram:

The control system can be represented as a closed-loop structure:

1. Input signals (u): feed rate, air flow, rotational speed
2. Disturbances (d): ambient temperature, raw material variability
3. Object of control: granulator
4. Output signals (y): granule size, moisture, temperature
5. Controller (C): PLC-based control algorithm
6. Feedback loop: sensor measurements transmitted to controller
7. Supervisory system: SCADA for monitoring and optimization

Results and Discussion:

The implementation of a complex computer-integrated control system for the granulator provides the following advantages:

1. improved stability of the granulation process;
2. consistent product quality (uniform granule size and strength);
3. reduction in energy consumption;
4. increased level of process automation and reduced operator dependency;
5. enhanced fault detection and predictive maintenance capabilities.

The integration of intelligent algorithms and digital monitoring tools enables real-time optimization of technological parameters, which is particularly important in large-scale chemical production.

The research confirms that the use of advanced computer-integrated control systems significantly improves the efficiency and reliability of granulation processes in nitrogen fertilizer production. The proposed approaches can be applied both in модернізації existing plants and in the design of new high-performance industrial systems.

Future work will focus on the development of digital twins of the granulation process and the application of machine learning methods for further optimization.

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОГО КЕРУВАННЯ ДРОБАРКОЮ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТУ НА ОСНОВІ ДАНИХ ПРО СТАН ОБЛАДНАННЯ

Харченко О.В., аспірант кафедри КІСУ

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасному виробництві цементу дробарки належать до критично важливого технологічного обладнання, від стабільності роботи якого залежать продуктивність лінії, енергоефективність процесу, рівномірність гранулометричного складу сировини та загальна надійність функціонування виробничого комплексу. Традиційні системи автоматизації дробильного обладнання, як правило, орієнтовані на підтримання заданих режимів роботи за обмеженим набором технологічних параметрів і не враховують повною мірою поточний технічний стан механічних вузлів. Унаслідок цього навіть за формально допустимих значень контрольованих величин можливе приховане погіршення технічного стану дробарки, що знижує ефективність керування та створює передумови до аварійних зупинок.

Для цементного виробництва така проблема є особливо актуальною, оскільки дробарка працює в умовах змінної твердості матеріалу, нерівномірного завантаження, інтенсивних ударних впливів, вібрацій та абразивного зношування робочих органів. За цих умов підвищення ефективності автоматизації потребує переходу від класичного локального регулювання до комп'ютерно-інтегрованих систем, у яких технологічне керування поєднується з функціями аналітики, моніторингу, прогнозування та підтримки прийняття рішень.

Метою роботи є обґрунтування підходу до побудови комп'ютерно-інтегрованої системи керування дробаркою у виробництві цементу, в якій інформація про технічний стан обладнання використовується не лише для діагностики, а й для адаптації режимів функціонування технологічного об'єкта. Такий підхід дозволяє розглядати дробарку не просто як виконавчий механізм у технологічному ланцюгу, а як інтелектуалізований об'єкт керування, для якого рішення приймаються на основі комплексного аналізу виробничих і діагностичних даних.

Концепція запропонованої системи передбачає інтеграцію кількох функціональних рівнів. На нижньому рівні здійснюється безпосередній збір даних із датчиків струму електропривода, вібрації, температури підшипникових вузлів, завантаження, швидкості обертання та продуктивності. На середньому рівні реалізуються функції локального автоматичного керування, попередньої обробки сигналів, фільтрації завад і формування інформативних ознак стану обладнання. Верхній рівень призначений для аналітичного оцінювання технічного стану, виявлення відхилень, вироблення рекомендацій щодо зміни режиму роботи та передачі відповідних керуючих впливів у систему керування. У такій архітектурі дані діагностування стають активним джерелом інформації для оптимізації процесу дроблення.

На відміну від підходів, у яких система технічного діагностування функціонує відокремлено від системи автоматичного керування, у запропонованому рішенні реалізується їх змістовне об'єднання. Це дає змогу не тільки виявляти ознаки погіршення стану підшипників, ротора, футеровки чи приводного механізму, а й оперативно коригувати подачу матеріалу, інтенсивність навантаження, допустимі межі режимних параметрів і умови експлуатації обладнання. За рахунок цього зменшується ймовірність роботи дробарки в критичних режимах, підвищується стійкість технологічного процесу та знижується рівень непродуктивних простоїв.

Особливу роль у такій системі відіграє аналітичний модуль, побудований на основі інтелектуальної обробки даних. Його функція полягає у виявленні прихованих закономірностей між змінами технологічних параметрів і проявами деградації технічного стану. У практичному аспекті це дозволяє перейти від реактивного обслуговування до

проактивного керування експлуатацією дробарки. Якщо система фіксує появу аномальних вібраційних характеристик або нетипової поведінки електропривода, вона може не лише сформулювати повідомлення оператору, а й ініціювати зміну режиму навантаження, щоб запобігти подальшому розвитку несправності.



Рисунок – Узагальнена структура комп'ютерно-інтегрованої системи керування дробаркою

Для умов цементного виробництва важливо також те, що запропонований підхід сприяє підвищенню однорідності підготовки сировинного матеріалу. Стабілізація роботи дробарки позитивно впливає на наступні стадії технологічного циклу, зокрема на подрібнення, дозування та випалювання. У цьому сенсі комп'ютерно-інтегрована система автоматизації дробарки має локальний ефект на рівні окремого агрегату й системний ефект на рівні всього виробничого комплексу.

Наукова новизна роботи полягає в розвитку підходу до побудови системи керування дробаркою, у якій результати оцінювання технічного стану обладнання безпосередньо враховуються під час формування керуючих рішень. Практичне значення такого підходу пов'язане з можливістю зниження енергоспоживання, підвищення ресурсу вузлів дробарки, скорочення аварійних зупинок і покращення якості управління технологічним процесом у виробництві цементу.

Таким чином, подальший розвиток складних комп'ютерно-інтегрованих систем автоматизації дробарок доцільно пов'язувати з глибокою інтеграцією технологічного керування, технічного діагностування та інтелектуального аналізу даних. Саме така інтеграція створює підґрунтя для побудови адаптивних систем нового покоління, здатних забезпечувати не лише задану продуктивність, а й функціонування обладнання з урахуванням його реального технічного стану.

Література

1. Пупена О. М., Ельперін І. В., Ладанюк А. П. Промислові мережі та інтеграційні технології в системах автоматизації. Київ: Ліра-К, 2015.
2. Ключев О. В., Скакун В. В. Автоматизація технологічних процесів у промисловості. Харків: Факт, 2018.
3. Wang L. Intelligent Manufacturing Systems. Boca Raton: CRC Press, 2019.

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ВРАЗЛИВОСТЕЙ І ЗАХИСТУ REST API З ВИКОРИСТАННЯМ ТОКЕННИХ МЕХАНІЗМІВ JWT ТА ПРОТОКОЛУ OAuth 2.0

Кунах І.А. студент, Коробейнікова Т.І. к.т.н., доцент
Національний Університет "Львівська Політехніка"

REST API є архітектурним стилем для створення масштабованих веб-сервісів, що базується на принципах stateless взаємодії, використанні HTTP-методів (GET, POST, PUT, DELETE) та представленні даних як ресурсів за унікальними URL. Безпека таких API забезпечується механізмами аутентифікації та авторизації, серед яких домінують токенні підходи – JWT (JSON Web Tokens) для stateless автентифікації та OAuth 2.0 для делегованого доступу. Актуальність теми зумовлена зростанням API-атак: за даними OWASP API Security Top 10 2023, Broken Authentication та Broken Object Level Authorization залишаються в топі ризиків. У 2025–2026 роках зареєстровано низку CVE у JWT-бібліотеках, що дозволяють обхід підпису, підробку токенів чи витік інформації. Обов'язкове впровадження PKCE, сильних ключів та перевірки алгоритмів стає стандартом (RFC 9700, OAuth 2.1). На сучасному ринку та у світі спостерігається перехід до жорсткіших практик: зростання використання PKCE для публічних клієнтів, перехід на асиметричні алгоритми (RS256), короткоживучі токени та certificate-bound access. OWASP та інші джерела фіксують, що неправильна реалізація JWT (alg=none, слабкі ключі, ігнорування exp) та OAuth без PKCE призводить до компрометації облікових записів у fintech, SaaS та enterprise-системах. У даній роботі представлено розробку та порівняльний аналіз вразливої та захищеної реалізації REST API на базі FastAPI (Python 3.11) з ручною логікою JWT та OAuth 2.0 Authorization Code Flow з PKCE. Використано Uvicorn, python-dotenv, httpx для тестів та атак. Логіка токенів реалізована вручну (base64 + hmac + hashlib), щоб відтворити типові помилки розробників: довіра до alg з заголовка, слабкий ключ ("secret"), відсутність перевірки терміну дії (exp), слабе хешування паролів (MD5/SHA1 без солі), ігнорування PKCE (рис.).

Застосунок складається з сервера авторизації (/auth) та сервера ресурсів (/api), розділених роутерами. Демонструються ключові вразливості: 1) alg=none – прийняття токена без підпису та надання адміністративного доступу; 2) брутфорс/підбір слабого секретного ключа – підробка токена з довільною роллю; 3) обмін authorization code без PKCE – перехоплення коду та отримання токенів зломисником.

Після виправлень (жорсткий allowlist алгоритмів HS256, криптостійкий ключ, обов'язкова перевірка exp/iat/scope, примусовий PKCE з методом S256) атаки блокуються повністю. Це відповідає рекомендаціям OWASP REST Security Cheat Sheet та RFC 7636. Розроблена та проаналізована реалізація підкреслює критичну важливість правильної імплементації JWT та OAuth 2.0 для захисту REST API. Ручна логіка дозволила чітко показати наслідки типових помилок та ефективність заходів: обов'язковий PKCE, сильні ключі, перевірка алгоритмів і терміну дії, scope-контроль.

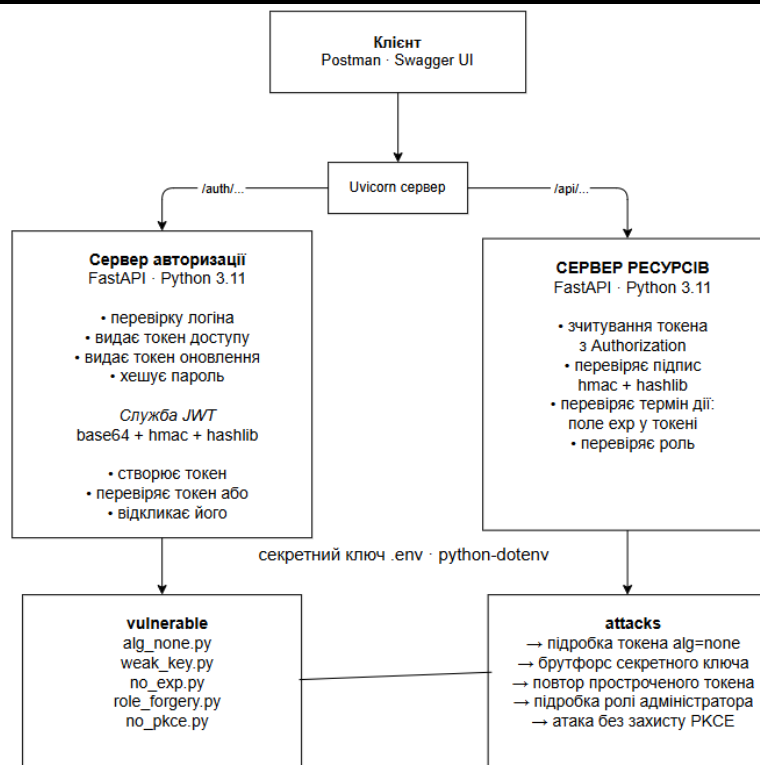


Рис. Схема застосунку

Такі практики необхідні для запобігання несанкціонованому доступу, витоку даних та забезпечення відповідності сучасним стандартам безпеки, що безпосередньо сприяє захисту користувачів, стабільності цифрових систем та інформаційній безпеці суспільства в цілому.

Література

1. Немчинський С. Що таке REST API: основні принципи та практики застосування [Електронний ресурс] // Foxminded. – 2023. – 8 листопада. – Режим доступу: <https://foxminded.ua/shcho-take-rest-api/>. – Дата звернення: 04.02.2026.
2. Як забезпечити безпеку REST API [Електронний ресурс] // CoreWin. – Режим доступу: <https://corewin.ua/blog/rest-api-web-service-security/>. – Дата звернення: 04.02.2026.
3. REST Security Cheat Sheet [Електронний ресурс] // OWASP Cheat Sheet Series. – Режим доступу: https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/REST_Security_Cheat_Sheet.html. – Дата звернення: 04.02.2026.
4. OWASP API Security Top 10 – 2023 [Електронний ресурс] // OWASP Foundation. – 2023. – Режим доступу: <https://owasp.org/API-Security/editions/2023/en/0x11-t10>. – Дата звернення: 04.02.2026.
5. Толкачова А. Ю., Гарасимчук О. І., Опірський І. Р. Аналіз безпеки протоколу OAuth [Електронний ресурс] // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2023. – № 27. – С. 67–76. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/371927282_ANALIZ_BEZPEKI_PROTOKOLU_OAUTH. – Дата звернення: 04.02.2026.
6. JWT Attacks and Common Vulnerabilities [Електронний ресурс] // PortSwigger Web Security Academy. – Режим доступу: <https://portswigger.net/web-security/jwt>. – Дата звернення: 04.02.2026.
7. What Is PKCE, How It Works & Flow Examples [Електронний ресурс] // Descope. – 2025. – 22 червня. – Режим доступу: <https://www.descope.com/learn/post/pkce>. – Дата звернення: 04.02.2026.

TECHNOLOGICAL AND MATERIALS SCIENCE ASPECTS OF DIRECT POWDER FORGING OF HARD-TO-DEFORM HEAT-RESISTANT ALLOYS

Tolochyn O. I., Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Research Fellow,

Tolochyna O. V., Candidate of Technical Sciences (PhD), Okyn I. Yu.

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv 03142, Ukraine

The modern development of the aerospace, automotive, and energy industries imposes stringent requirements on the performance characteristics of structural materials, particularly nickel-based superalloys. Increasing the operating temperatures of nickel-based superalloys is a highly relevant task due to the rising temperatures in combustion chambers and the advancement of low-power gas turbines. The efficiency of microturbines is improved by increasing the temperature of the hot section and the rotor rotational speed, which can reach 60.000 – 90.000 rpm. At the same time, enhancing the heat resistance of nickel alloys is accompanied by reduced ductility and machinability. Traditional superplastic deformation methods require low strain rates, specialized equipment, and significant costs, which limits their application. Casting technologies for complex alloyed materials also fail to ensure defect-free products because of segregation inhomogeneity. The application of powder technologies has made it possible to improve the strength of components and increase turbine operating speeds [1]. The most widespread consolidation routes are based on hot pressing and isothermal forging; however, the need for expensive tooling limits their widespread implementation. The reduction in the size of low-power turbine components opens prospects for the application of high-speed deformation methods for powder superalloys. The use of rapid heating and high strain rates makes it possible to reduce production costs and control the material structure at the nanoscale, forming an ultrafine-grained structure while preserving dispersed strengthening phases generated by the high cooling rates of the powder. Studies on [2-5] alloys have demonstrated successful results of high-rate densification processing of powders of heat-resistant materials and spherical steel powders. However, a significant increase in the content of refractory alloying elements in the alloy composition substantially reduces the ability of such alloys to undergo plastic deformation, even at high processing temperatures.

A distinctive feature of the proposed direct powder forging technology in a cold die is that powder granules of heat-resistant alloys (the binary Ni – Cr alloy (nichrome), the low-alloyed alloy Inconel 625, and the highly alloyed high-temperature alloy ZhS6U) are heated to the consolidation temperature at high heating rates (200 – 400 °C/min). This makes it possible, after deformation of the superalloy granules, to obtain a dense material with a phase composition practically identical to that of the initial granules. This processing route enables the consolidation of powder compacts at temperatures both below and above the solvus point, i.e., the temperature of dissolution of the γ' phase in the γ matrix, and allows the production of alloys with a fine-grained structure, a high volume fraction, and high dispersion of the strengthening phase, which is impossible when using the most widespread method for disk manufacturing – isothermal forging. The optimal consolidation conditions for powder products were determined by achieving minimum porosity (evaluated either by density calculations or metallographic analysis) and conditions for the formation of a high-quality interparticle bond (evaluated by electrical resistance measurements, fracture toughness testing, and fracture surface analysis). Optimization of high-temperature properties is achieved through optimization of thermomechanical and heat treatment conditions, taking into account the mechanism of high-temperature strengthening characteristic of a particular class of materials.

For the Kh20N80 alloy (powdered nichrome), consolidation is achieved at deformation temperatures above 1000 °C. The samples become ductile; however, their yield strength decreases

with increasing forging temperature. With the phase composition remaining unchanged, this behavior is explained by the growth of structural element sizes. Mechanical testing results showed that at a temperature of 1050 °C, fracture toughness reaches its maximum value of 40 MPa·m^{1/2}, indicating the formation of a high-quality bond, while the yield strength among the consolidated samples is also the highest. This makes it possible to select 1050 °C as the optimal temperature for deformation processing of Kh20N80 products.

For the Inconel 625 alloy, the optimal consolidation conditions, resulting in an almost pore-free state and a high-quality interparticle bond, are achieved at temperatures of 1150 – 1220 °C. After forging, the material demonstrates sufficiently high strength and ductility at room temperature. Repeated deformation or high-temperature annealing only slightly improve the strength characteristics but somewhat increase ductility due to the suppression of interparticle fracture. Inconel 625 produced by forging under optimal conditions exhibits an anomalous temperature dependence of yield strength, maintaining high values of this characteristic up to 700°C at a level of $\sigma_{0.2} = 450$ MPa, which is comparable to forged cast alloys. The serrated shape of the loading curves indicates that the primary mechanism of high-temperature strengthening is dynamic strain aging. Short-term creep experiments on Inconel 625 showed that, in optimal structural states, the forged samples approach wrought cast alloys of the same composition in their resistance to creep. High-temperature annealing or repeated deformation slightly reduce creep resistance.

ZhS6U alloys forged under optimal conditions at 1150 – 1220 °C exhibit high strength at room temperature, with a bending strength of $\sigma_{\text{bend}} = 1600$ MPa, but without any noticeable ductility. Additional annealing at 1210 °C makes it possible to increase the strength to 2400 MPa and the ductility to 2 – 3%, while triple forging deformation at 1220 °C increases the strength to 2950 MPa and the ductility to 5%. The ZhS6U alloy demonstrates high heat resistance. After forging under optimal conditions, its yield strength at 700 °C reaches 750 – 800 MPa; however, the ductility, even under compression, does not exceed 15 – 17%. Additional annealing at room temperature significantly improves ductility. At elevated temperatures, ductility deteriorates in both the deformed and annealed states. The compression loading curves at 700 °C show that the annealed samples not only have higher yield strength values, but also exhibit a higher strain-hardening rate, indicating enhanced interaction between dislocations and dispersed γ' -phase particles. Thus, the dispersion-strengthening mechanism is primarily responsible for the high-temperature strength of the ZhS6U alloy in this temperature range.

Acknowledgments

The work was supported by the National Research Foundation of Ukraine (project no. 2025.06/0096 “Development of an innovative thermomechanical processing technology for powders for the production of hot-section components of turbojet engines”).

Reference

1. A Handbook of Air, Land and Sea Applications 2015, Pages 173-254
2. Tolochyn, O., Tolochyna, O., Bagliuk, G., Yevych, Y., Danylenko, V., & Podrezov, Y. (2024). Mechanical behavior of powdered iron aluminide Fe–28Al manufactured by direct powder forging. *Intermetallics*, 175, 108537.
3. Tolochyn, O. I., Tolochyna, O. V., Podrezov, Y. M., Danylenko, V. I., & Bagliuk, G. A. (2025). The Role of Deformation Conditions and Mo-Doping on the Evolution of Structure and Mechanical Properties of Powdered Iron Aluminide. *JOM*, 1-14.
4. Laptev, A. V., Tolochin, A. I., Kovalchenko, M. S., Evich, Y. I., & Okun', I. Y. (2016). Structure and properties of Ni3Al intermetallic under vacuum impact sintering. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 54(9), 554-567.
5. Laptev, A. V., Tolochyn, O. I., Kovylyayev, V. V., Verbylo, D. G., & Kondryakov, E. A. (2012). Impact Sintering of X17H2 Heat-Resistant Stainless Steel Powder. I. Densification and Structure of Specimens. *METALLOFIZIKA I NOVEISHIE TEKHNologii*, 34(2), 195-208.

ВИБІР МЕТОДІВ ВИДІЛЕННЯ ОЗНАК АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ ГОЛОСУ ЛЮДИНИ ДЛЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМКрохмаль А.В.¹, Крохмаль В.І.²¹*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України*²*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

Задачі, пов'язані з обробкою голосу людини, є одним із важливих напрямів розвитку сучасних технологій штучного інтелекту, так як природне мовлення виступає універсальним, зручним і високоінформативним каналом комунікації у інтерфейсах людино-машинної взаємодії. Голосовий сигнал містить не лише лінгвістичну інформацію, тобто зміст висловлювання, але й додаткові паралінгвістичні характеристики, такі як емоційний стан мовця, індивідуальні особливості голосу, рівень втоми або стресу. Тому методи та технології, що використовують аналіз голосу людини, знаходять широке застосування в системах голосового керування, інтерфейсах інтелектуальних асистентів, медичних діагностичних рішеннях, системах безпеки, маркетингових та освітніх дослідженнях. Отже, напрям досліджень, пов'язаний з обробкою голосового сигналу, є безсумнівно актуальним.

До основних задач обробки голосу людини належить розпізнавання ключового слова, яке використовується для активації віртуальних асистентів або інших систем за допомогою короткої голосової команди. Важливе значення має задача розпізнавання емоцій за мовленням (SER), що може бути застосована у системах навчальних платформ, кол-центрів, медичних застосунків тощо. Крім того, до поширених задач належать ідентифікація та верифікація мовця, визначення статі, віку, розділення голосів окремих мовців. Також існує задача виявлення голосової активності (VAD), що має на меті відокремлення фрагментів аудіосигналу, які містять голос. Найбільш важливою та складною задачею є автоматичне розпізнавання мовлення (ASR), метою якого є перетворення звукового мовного сигналу в текстову форму [1]. Такі системи є основою для голосових інтерфейсів, засобів автоматичного транскрибування аудіозаписів і діалогових систем.

Таким чином, задачі обробки голосу людини мають важливе наукове та прикладне значення. Особливо актуальним є напрям інтеграції технологій обробки голосу у вбудовані системи, що дозволятимуть локально обробляти акустичні сигнали для вирішення однієї із зазначених задач. Такі системи характеризуються обмеженими обчислювальними ресурсами та потребують забезпечення балансу між точністю, швидкістю та енергоспоживанням. Кожна із задач, пов'язаних з обробкою голосового сигналу, потребує ефективного подання аудіосигналу та використання методів машинного навчання, здатних виявляти складні закономірності у часовій і частотній структурі мовлення. Отже, метою даного дослідження є вибір ефективного представлення ознак для опису голосового сигналу, що дозволить покращити процес його обробки у вбудованих системах.

Вибір представлення ознак зазвичай ґрунтується на балансі між інформативністю та обчислювальною складністю. З одного боку, ознаковий опис має зберігати суттєві характеристики аудіосигналу, що є найбільш інформативними в контексті поставлених задач; з іншого боку – надмірне розширення інформаційного поля не завжди сприяє підвищенню якості подальшої обробки [2].

Методи виділення ознак з аудіоданих умовно поділяють на підходи часової та частотної області. Перші базуються на безпосередньому аналізі амплітудних відліків сигналу в коротких вікнах. Основною перевагою таких методів є низька обчислювальна складність: $O(S)$, де N – розмір вікна. До методів часової області належить швидкість перетину нуля (ZCR) [3], що характеризує кількість змін знаку семплів в межах вікна та використовується для розрізнення мелодійних, шумових і ударних звуків. Інший метод –

енергія сигналу – є мірою інтенсивності, яка відображає загальний рівень його потужності в часі та широко застосовується в задачах VAD та сегментації сигналу [1].

Блок методів виділення ознак частотної області – це сукупність підходів, у яких акустичний сигнал попередньо перетворюється із часового представлення у спектральне. Такий підхід ґрунтується на перетворенні Фур'є, яке дозволяє подати сигнал як суму гармонічних компонент.

Спектрограма є одним із базових інструментів, що дає можливість аналізувати часову та частотну структуру сигналу, а також поєднує невисоку обчислювальну складність перетворення $O(N\log N)$ з високою точністю передачі ознак [3]. Удосконаленням цього представлення є мелспектрограма, яка відображає спектр в частотних смугах з урахуванням психоакустичної мел-шкали [1, 3]. Її подальшим розвитком є лог-мелспектрограма, у якій до енергетичних значень застосовується логарифмічне перетворення [1]. Застосування таких підходів дає змогу наблизити процес аналізу звукового сигналу до особливостей людського слухового сприйняття, яке є нелінійним як в частотному, так і в енергетичному вимірі. Обчислювальна складність перетворення при цьому становить: $O(N\log N + MF)$, де M – кількість мел-бінів, F – кількість частотних бінів вхідної спектрограми.

Похідними від спектрограми є енергія смуги, спектральний спад та спектральний центроїд. Перша характеризує розподіл потужності сигналу в межах певного частотного діапазону. Спектральний спад визначає частоту, нижче якої зосереджена основна частина енергії, а центроїд, у свою чергу, є показником яскравості та різкості звуку [1].

Окремим класом ознак частотної області є кепстральні ознаки. Вони дозволяють компактно записати спектральну структуру мовного сигналу та формують представлення, у якому краще відокремлюються тональні характеристики від резонансних властивостей вокального тракту [1]. Найпоширенішим різновидом є мел-частотні кепстральні коефіцієнти (MFCC), які формуються шляхом застосування дискретного косинусного перетворення до лог-мелспектрограми сигналу. Даний метод враховує особливості людського слухового сприйняття та забезпечує отримання найбільш компактного набору інформативних коефіцієнтів [1, 3]. Тому MFCC часто застосовуються в задачах ASR, SER та ідентифікації мовця. Однак, обчислювальна складність такого перетворення є найвищою серед попередніх і складає $O(N\log N + MF + MK)$, де K – кількість вихідних коефіцієнтів.

Висновки. Таким чином, у роботі розглянуто методи виділення ознак з аудіосигналу в контексті використання в задачах обробки голосу у вбудованих системах. Найбільш ресурсоефективними є методи часової області, що дозволяють отримати низькорівневі характеристики аудіосигналу, та можуть бути застосовані у задачах VAD та сегментації мовних одиниць. Лог-мелспектрограма є універсальним перцептивно-орієнтованим поданням аудіосигналу, що поєднує високу інформативність та обчислювальну ефективність. Однак, такі ознаки є високорельованими та потребують релевантних методів подальшої обробки. MFCC формують найбільш компактне представлення ознак, однак вимагають більших обчислювальних ресурсів на етапі перетворення.

Література

1. Bäckström T. et al. Introduction to Speech Processing, 2nd Edition, Aalto University, 2022. URL: <https://speechprocessingbook.aalto.fi> (date of access: 01.05.2026).
2. Zakhozhai O. I., Krohmal A. V. An extensional approach to the recognition of raster images based on their symbolic transformations. Scientific news of Dahl university. 2023. URL: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2023-25-2> (date of access: 01.05.2026).
3. Rezapour Mashhadi M. M., Osei-Bonsu K. Speech emotion recognition using machine learning techniques: Feature extraction and comparison of convolutional neural network and random forest. PLOS ONE. 2023. Vol. 18, no. 11. P. e0291500. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291500> (date of access: 01.05.2026).

**MATHEMATICAL MODELS FOR CALCULATING AND OPTIMIZING THE
PARAMETERS OF THERMO-PHYSICAL SYSTEMS**

Levkin D.A., Candidate of Engineering Science, Associate Professor
State Biotechnological University

This paper examines the challenges involved in developing universal mathematical models for the thermophysical system of «an embryo subjected to electromagnetic exposure». The aim of this work is to optimize the thermophysical process of laser cleavage of embryonic cells to enhance their viability. To achieve this goal, the following tasks must be addressed:

1. Analyze existing biotechnological processes of laser segmentation of microbiological material in microbiology, medicine, and veterinary medicine.
2. Improve the mathematical model of the main optimization problem for finding optimal values of thermal exposure parameters for multilayer microbiological material, taking into account the specifics of pulsed laser thermal exposure on microbiological material with a complex structure.
3. Based on the existing mathematical model of the main optimization problem for finding optimal values of thermal exposure parameters, propose applied optimization models and methods for their effective numerical implementation.
4. Examine special cases of the main problem and corresponding applied mathematical models for optimizing thermal exposure parameters on multilayer microbiological material.
5. To justify and validate numerical methods for implementing applied mathematical models for optimizing thermal exposure parameters, and to perform a numerical implementation of the mathematical model for the problem of minimizing the volume of thermally damaged cells in the embryos of a microbiological organism.
6. Develop principles for creating software and hardware tools to automate research on applied mathematical optimization models.

The author proposed a mathematical model of the main optimization problem of improving the quality of laser embryo cleavage, taking into account constraints on the resulting temperature field and increasing the viability of the cleaved embryo fragments. This mathematical model represents a multidimensional, non-stationary, nonlinear, and multi-extremal optimization problem for the parameters of the process of localized laser thermal exposure to multilayer microbiological material, taking into account constraints on the resulting temperature field of the biomaterial. I formalized and systematized applied optimization problems that are special cases of the main optimization problem.

To develop appropriate mathematical optimization models, this paper establishes the validity of computational mathematical models describing the interaction of a laser beam with multilayer microbiological materials. Due to the multilayer structure of the embryo and the peculiarities of the laser exposure process, traditional methods [1, 2] cannot guarantee the correctness of the boundary value problem with heat conduction differential equations describing the state of the embryo under laser exposure. To obtain conditions for the well-posedness of the specified boundary value problem, the author investigated a multipoint boundary value problem for a multilayer microbiological medium and proved the well-posedness of such a problem under small perturbations in the right-hand side of the main partial differential equation. This result allows one to guarantee the adequacy of applied mathematical optimization models.

The optimization procedure is based on a grid approach with discretization of the two parameters «action time – thermal impact power», followed by refinement of the grid in the vicinity of the investigated node of the coarse grid. Then, a directed search for a local extremum is performed using a step-by-step method over the nodes of the fine grid. The search for local extrema is performed by selecting the next node of the coarse grid. The search for local extrema of the temperature field continues until the time allotted for parameter optimization has elapsed or the

predefined optimization accuracy has been achieved [3]. The application of the research conducted in this thesis will improve the quality of laser cleavage of the embryo by refining the values of the local and global extrema of the objective function (temperature field).

References

1. Nevliudov I., Romashov Y. One numerical approach to optimal control the linear heat conduction processes. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Ser. Mathematics, Applied Mathematics and Mechanics*. 2020. Vol. 92. С. 25–42. DOI: <https://doi.org/10.26565/2221-5646-2020-92-03>
2. Семерак М., Михайлишин М., Несен І. Аналітичний метод розв'язання актуальних задач теплообміну. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2021. Т. 5. № 1. С. 115–122. DOI: <https://doi.org/10.31731/2524-2636.2021.5.1.-115-122>
3. Levkin D.A. Application of mathematical models and computational methods for optimal use of biological assets. *Раціональне використання природних ресурсів в умовах глобальних викликів: колективна монографія; за заг. ред. Т.О. Чайки*. Полтава: Астроя, 2025. С. 177–202.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МОДУЛЬНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННИХ КОМПЛЕКСІВ

Мордига В.О., Морнева М.О., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасний розвиток автоматизованого виробництва та цифрових технологій зумовлює необхідність створення високоефективних, гнучких і надійних електромехатронних систем. Одним із перспективних напрямків розвитку є впровадження інтелектуальних модульних систем електромехатронних комплексів, які забезпечують можливість адаптації обладнання до змінних умов роботи, підвищення продуктивності та зниження енергетичних витрат. Такі системи поєднують сучасні засоби автоматизації, мікропроцесорну техніку, програмне керування та інформаційні технології в єдину інтегровану структуру.

Електромехатронний комплекс являє собою систему, у якій механічні вузли, електричні приводи, електронні компоненти та програмне забезпечення взаємодіють між собою для виконання певних технологічних функцій. Використання модульного принципу побудови дозволяє створювати гнучкі системи, які легко модернізуються, масштабуються та адаптуються до нових виробничих потреб. Кожен модуль виконує окрему функцію — керування приводом, обробку інформації, вимірювання параметрів, зв'язок між пристроями або контроль технологічного процесу.

Однією з головних переваг модульних систем є можливість швидкої заміни або модернізації окремих елементів без необхідності повної перебудови комплексу. Це значно спрощує технічне обслуговування, скорочує час простою обладнання та зменшує експлуатаційні витрати. Крім того, модульний підхід забезпечує високу універсальність систем та можливість їх використання в різних галузях промисловості — машинобудуванні, транспорті, енергетиці, робототехніці та автоматизованому виробництві.

Важливу роль у функціонуванні інтелектуальних модульних систем відіграють мікропроцесорні контролери та програмовані логічні контролери (PLC). Вони здійснюють обробку інформації від датчиків, реалізують алгоритми керування та забезпечують взаємодію між окремими модулями системи. Сучасні контролери підтримують високошвидкісний обмін даними через промислові мережі та протоколи зв'язку, що дозволяє організувати централізоване або розподілене керування технологічними процесами.

Невід’ємною складовою інтелектуальних електромехатронних комплексів є система сенсорів та засобів зворотного зв’язку. Датчики температури, тиску, швидкості, положення, струму та інших параметрів забезпечують постійний моніторинг стану обладнання і передають інформацію до системи керування. На основі отриманих даних контролер аналізує режими роботи та автоматично коригує параметри функціонування системи. Це дозволяє підтримувати стабільність технологічних процесів, підвищувати точність роботи та запобігати аварійним ситуаціям.

Особливе значення в сучасних електромехатронних комплексах мають інтелектуальні алгоритми керування. Використання елементів штучного інтелекту, нейронних мереж та машинного навчання дозволяє системам самостійно аналізувати робочі режими, прогнозувати можливі несправності та оптимізувати параметри роботи обладнання. Завдяки цьому підвищується ефективність виробництва, зменшується споживання електроенергії та збільшується ресурс роботи механізмів.

Застосування інтелектуальних модульних систем є особливо актуальним у робототехнічних комплексах, автоматизованих виробничих лініях, електроприводах, транспортних системах та енергетичних установках. Такі системи забезпечують високу точність позиціонування, швидкість виконання операцій, гнучкість переналаштування та ефективне використання енергетичних ресурсів.

Таким чином, інтелектуальні модульні системи електромехатронних комплексів є важливим напрямком розвитку сучасної автоматизації та електромеханіки. Їх використання забезпечує підвищення надійності, продуктивності та енергоефективності обладнання, а також створює умови для впровадження інноваційних технологій у промисловість. Подальший розвиток цифрових систем керування, штучного інтелекту та мережевих технологій сприятиме розширенню функціональних можливостей електромехатронних комплексів та підвищенню рівня автоматизації виробничих процесів.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ НА ФРЕЗЕРНОМУ ВЕРСТАТІ

Коротков В.С., к.т.н., доцент, Захаров Н.О., аспірант

Дніпровський державний технічний університет

Під час обробки металів різанням в піддонах верстатів, зазвичай, збирається велика кількість металевої стружки, яку з часом необхідно видаляти і транспортувати в місця її накопичення і переробки. [1]. Такий процес достатньо трудомісткий і небезпечний тому, що стружка може бути гострою – можливі порізи, а її пружність також може спровокувати певні травматичні наслідки для верстатника під час її видалення. Процес ускладнюється у випадках, коли стружка кручена і для зменшення об’єму часто її намагаються попередньо розривати чи зминати при видаленні.

Процес збирання та подальшого транспортування металевої стружки в механічних цехах може бути певним чином спрощений, якщо вирішувати задачі подрібнення і сортування безпосередньо в умовах виробничих підрозділів на серійних металорізальних верстатах при використанні мобільних пристроїв. В таких випадках створюються умови для спрощеного сортування стружки. Наприклад, після обробки різанням деталі з дорогого чи дефіцитного металу попередньо стружка попередньо подрібнюється, а потім накопичується в окремій тарі.

Для вирішення таких задач розроблений пристрій для подрібнення матеріалів, в тому числі і металевої стружки, безпосередньо в умовах виробничих підрозділів, наприклад на фрезерному верстаті [2]. Мобільність пристрою забезпечується його конструктивними рішеннями. Корпусна нерухома частина, яка містить ємність конусоподібної форми з жорстким боковими стінками і відділенням накопичення подрібненого матеріалу,

установлюється і кріпиться на столі фрезерного верстату. Рухома частина пристрою виконана також у виді конусоподібної робочої частини і установлюється в шпindel верстату завдяки розміщеній в верхній частині конусній (циліндричній) втулці (на зразок хвостовика інструментальної оправки).

Після завантаження в корпусну частину пристрою стружки приводами переміщення стола верстату і обертанням рухомої частини приводом головного руху виконується подрібнення. Траєкторія переміщення рухомої частини пристрою відносно нерухомої і швидкість руху установлюється в залежності від поставлених задач подрібнення. Управління процесом виконується верстатником при використанні елементів управління верстатом. У разі використання верстату з ЧПК можливе подрібнення по керуючій програмі, яка готується в залежності від виду і матеріалу стружки.

Розроблений пристрій може бути використаний і для подрібнення інших матеріалів, наприклад, складових для хімічного виробництва, що переробляє мінеральну, органічну та іншу сировину у хімічні речовини, добрива, пластмаси і т. ін. При використанні пристрою в будівельній галузі можливі роботи по підготовці складових будівельної суміші і т. п.

Пристрій для подрібнення матеріалу складається з основи 1, на якій установлений корпус 2 конусоподібної перевернутої форми з фланцем 3.

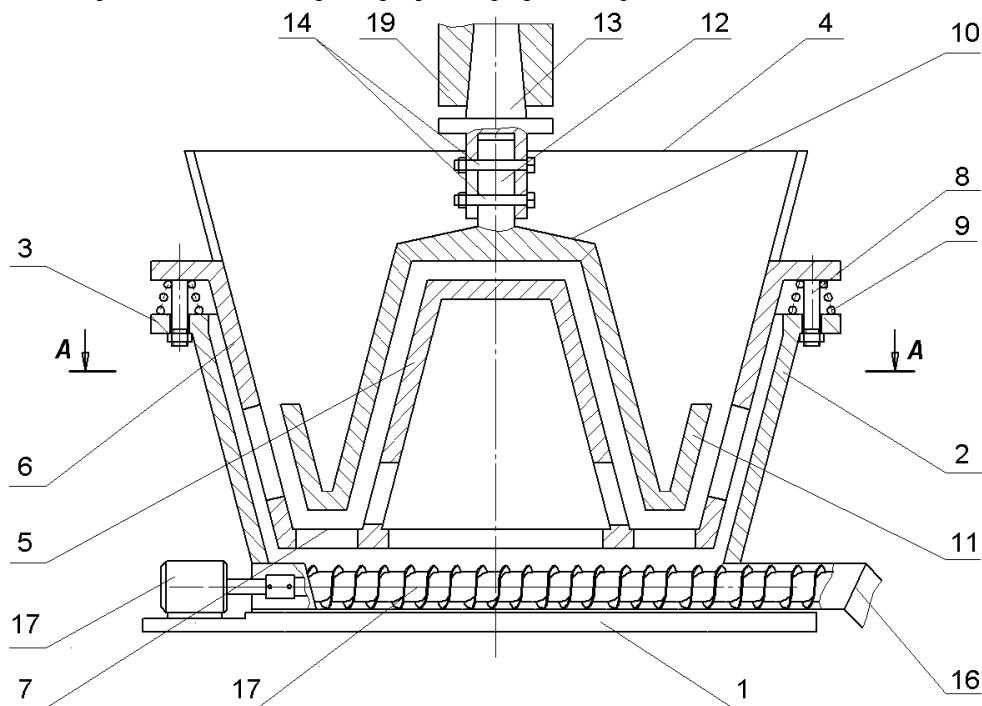


Рисунок. Загальний вид пристрою для подрібнення матеріалів

В корпусі 2 співвісно установлений не рухомий робочий орган 4, виконаний у виді двох усічених конусів 5 і 6, розміщених на кільцеподібній основі 7, причому, усічений конус 5 прямий і розміщений у центральній частині кільцеподібної основи 7, а усічений конус 6 перевернутий і розміщений співвісно на периферійній частині кільцеподібної основи 7. На бокових поверхнях конусів 5 і 6 в нижній частині і на основі 7 виконані отвори для просипання подрібненого матеріалу. Форма, розміри і кількість отворів визначаються в залежності від типу подрібнюючого матеріалу і особливостей технологічного процесу подрібнення.

Між корпусом 2 і не рухомим робочим органом 4 установлені амортизатори з направляючими пальцями 8 і пружинами 9.

Рухомий робочий орган 10 виконаний також у виді усіченого конусу в нижній частині якого розміщені ножі 11, паралельні внутрішній конусній поверхні нерухомого робочого

органу 4, а в верхній центральній частині розміщена державка 12 для кріплення в оправці 13. Передача обертального моменту від оправки 13 до державки 12 виконується за допомогою кріпильних гвинтів 14.

Для видалення з пристрою подрібненого матеріалу на основі 1 установлений шнековий механізм з відвідним патрубком 16 і приводним електродвигуном 17.

Використання розробленого пристрою для подрібнення матеріалів в умовах механічного цеху суттєво спрощує процес видалення стружки з виробничих дільниць.

Література

1. Веретільник О. В. Технології переробки металевої стружки (Огляд) / О. В. Веретільник, Ф. К. Біктагіров, В. О. Шаповалов, О. В. Гнатушенко, А. П. Ігнатов. Сучасна електрометалургія. 2020. № 2. С. 31-38.

2. Пристрій для подрібнення матеріалу. Патент №159611 (Україна). Опубліковано 18.06.2025, Бюл. №25

ЕЛЕМЕНТИ КЕРУВАННЯ В СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННИХ КОМПЛЕКСАХ ТА СИСТЕМАХ

Калінін А.М., Морнева М.О., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасний етап розвитку промисловості характеризується широким впровадженням автоматизованих та інтелектуальних систем керування технологічними процесами. Одним із найбільш перспективних напрямків є використання електромехатронних комплексів, які поєднують механічні, електротехнічні, електронні та програмно-інформаційні компоненти в єдину систему. Такі комплекси забезпечують високий рівень автоматизації виробництва, підвищення продуктивності праці, точності виконання технологічних операцій та енергоефективності обладнання. Основу функціонування електромехатронних систем становлять сучасні елементи керування, які забезпечують збір, обробку та передачу інформації, а також керування виконавчими механізмами.

До основних елементів керування електромехатронних комплексів належать датчики, програмовані логічні контролери (PLC), мікроконтролери, силові електронні перетворювачі, системи зворотного зв'язку, виконавчі механізми та засоби людино-машинного інтерфейсу (НМІ). Кожен із цих елементів виконує важливу функцію в забезпеченні стабільної та ефективної роботи системи.

Особливе значення мають датчики та сенсори, які здійснюють контроль параметрів технологічного процесу. У сучасних електромехатронних системах застосовуються датчики температури, тиску, швидкості, положення, вологості, струму, напруги та інші вимірювальні пристрої. Вони перетворюють фізичні величини в електричні сигнали, які надходять до контролерів для подальшої обробки. Використання цифрових сенсорів дозволяє підвищити точність вимірювання, зменшити вплив перешкод та забезпечити оперативне реагування системи на зміну параметрів роботи.

Для реалізації алгоритмів автоматичного керування широко використовуються програмовані логічні контролери. PLC-контролери характеризуються високою надійністю, швидкодією та можливістю програмування різних режимів роботи. Вони дозволяють автоматизувати складні виробничі процеси, забезпечують координацію роботи виконавчих механізмів та контроль аварійних режимів

Важливим елементом електромехатронних комплексів є електроприводи та частотні перетворювачі. Частотні перетворювачі забезпечують плавне регулювання швидкості обертання асинхронних і синхронних електродвигунів шляхом зміни частоти та напруги живлення. Їх використання дозволяє суттєво знизити енергоспоживання, зменшити пускові

струми, підвищити надійність роботи обладнання та знизити механічне зношування вузлів машин і механізмів. Особливо ефективним є застосування частотного регулювання у вентиляційних системах, насосних станціях, конвеєрних лініях та робототехнічних комплексах.

Значну роль у сучасних системах відіграють системи зворотного зв'язку, які забезпечують контроль результатів роботи виконавчих механізмів. Завдяки використанню енкодерів, тахогенераторів та інших пристроїв контролю положення і швидкості система може автоматично коригувати параметри роботи, підтримуючи необхідну точність та стабільність технологічного процесу. Це особливо важливо для роботизованих систем, верстатів із числовим програмним керуванням та автоматизованих виробничих ліній.

Сучасні електромехатронні комплекси активно інтегруються з комп'ютерними системами моніторингу та диспетчеризації. Використання SCADA-систем дозволяє здійснювати централізований контроль, збір та аналіз даних у реальному часі. Оператор отримує можливість дистанційного керування обладнанням, контролю параметрів роботи та оперативного реагування на аварійні ситуації. Крім того, сучасні системи підтримують технології Інтернету речей (IoT), що дозволяє передавати інформацію через мережу та здійснювати віддалену діагностику обладнання.

Одним із перспективних напрямків розвитку електромехатронних систем є використання елементів штучного інтелекту та адаптивного керування. Такі системи здатні аналізувати режими роботи обладнання, прогнозувати можливі несправності та автоматично оптимізувати параметри функціонування. Використання нейронних мереж, алгоритмів машинного навчання та цифрових двійників дозволяє підвищити ефективність виробничих процесів і зменшити витрати на обслуговування обладнання.

Таким чином, елементи керування є основою функціонування сучасних електромехатронних комплексів та систем. Їх застосування забезпечує автоматизацію виробничих процесів, підвищення точності, надійності та енергоефективності роботи обладнання. Подальший розвиток цифрових технологій, мікропроцесорної техніки та інтелектуальних систем керування сприятиме створенню нових високотехнологічних електромехатронних комплексів із розширеними функціональними можливостями.

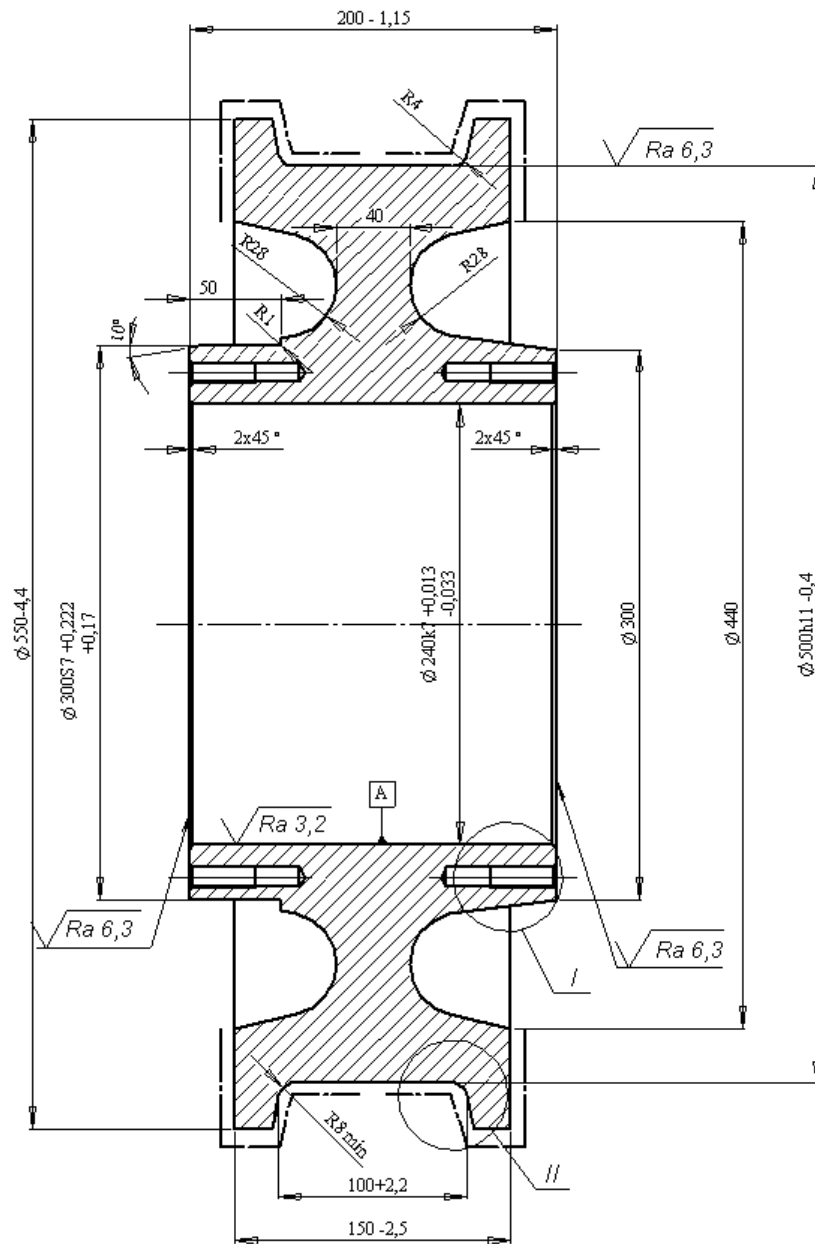
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛЕСА ХОДОВОГО КРАНУ ККС-10 В УМОВАХ ОДИНИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Коротков В.С., к.т.н., доцент, Мохнач Л.Р., студентка

Дніпровський державний технічний університет

Козлові крани поширені вантажопідйомні машини, несучі елементи яких спираються на чотири опори, що переміщуються по рейкам. Кран ККС-10, вантажопідйомністю 10 тонн, призначений для механізації навантажувально-розвантажувальних, транспортних та штабелювальних робіт. Він широко використовується на відкритих складах у машинобудуванні, на лісозаготівельних складах, приколійних базах, портах та будівельних майданчиках.

Крани ККС-10 мають багато модифікацій, які враховують специфічні особливості експлуатації. В особистості можна відзначити певні зміни чи доповнення в вузлах приводів переміщення кранів. Наприклад, використання ходових коліс різних розмірів в приводах механізмів переміщення кранів, гальмівні системи приводів і т. п. В багатьох випадках модернізації виконують для заміни типу чи розмірів підшипників, що вимагає певних змін конструкцій відповідних вузлів.



На рисунку показаний загальний вид колеса ходового крана ККС-10.

Для виконання токарних операцій і розточування осьового отвору вибрано токарно-карусельний верстат моделі 1512, а для свердління отворів і нарізання різьблення М12Н7 радіально свердлильний верстат 2М55.

220

карусельного верстату. Для вирішення такої задачі розроблене верстатне пристосування спеціальної конструкції з направляючим пальцем.

Для виконання свердління отворів діаметром 10,2мм під різьблення розроблене кондукторне пристосування, яке встановлюється в осьовий отвір колеса і фіксується для виключення можливого провороту.

Розроблений технологічний процес механічної обробки колеса кранового може бути використаний при виготовленні і інших деталей з загальними конструктивними і технологічними признаками, що в умовах механічного цеху підприємства буде сприяти завантаженню технологічного обладнання.

Література

1. Вантажопідіймальні крани, підіймальні пристрої і відповідальне обладнання. Виготовлення. Загальні технічні вимоги СОУ МПП 53.020-158:2006 Видання офіційне, Міністерство промислової політики України, 2006. 140 с.

2. І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко Г 83 Технологія обробки типових деталей та складання машин (практикум): навчальний посібник. Львів : «Новий Світ - 2000» – 2020, 472 с.

3. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посібник / А. В. Гайдамака ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". - Харків: Планета- Принт, 2020. – 275 с.

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ ДВОШАРОВОЇ СТАЛІ У ВАГОНОБУДУВАННІ

Фомін О. В.¹ доктор технічних наук, професор,

Бурлуцький О. В.² кандидат технічних наук, доцент

¹*Київського інституту залізничного транспорту Національного транспортного університету*

²*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Актуальність. Сучасне вагонобудування потребує нових матеріалів, здатних підвищити вантажопідйомність, довговічність та корозійну стійкість рухомого складу. Традиційні сталі досягли межі оптимізації за критеріями "міцність-вага". Використання двошарових (біметалевих) сталей дозволяє поєднати в одному виробі високі механічні властивості основного шару (наприклад, міцної низьколегованої сталі 09Г2С) зі спеціальними властивостями плакувального шару (корозійностійкої сталі 12Х18Н10Т). Це відкриває перспективи для зменшення товщини елементів кузова, зниження маси тари вагона та збільшення корисного навантаження [1].

Мета дослідження. Комплексна оцінка ефективності двошарової сталі (09Г2С+12Х18Н10Т) як конструкційного матеріалу для вантажних вагонів шляхом дослідження її механічних властивостей, анізотропії та параметрів зміцнення.

Методика. Для оцінки властивостей запропоновано підхід, за якого механічні характеристики визначаються окремо для кожного шару (основного та плакувального), а не лише за матеріалом основи. Проведено випробування на розтяг зразків, вирізаних під кутами 0°, 45° та 90° до напрямку прокатки. Визначено коефіцієнти анізотропії (Ланкфорда) R_{β} , межі текучості $\sigma_{0,2}$, тимчасовий опір та показники пластичності. Виконано розрахунок параметрів анізотропії (Н/Ф, G/Ф, N/Ф) та констант кривих зміцнення для математичного моделювання напружено-деформованого стану/

Дослідження [2] присвячене вивченню ударної міцності композитних матеріалів для виробництва залізничних цистерн. Автори детально проаналізували поведінку різних типів волокнистих композитів при ударних навантаженнях. У статті представлено результати

експериментальних досліджень, що демонструють переваги композитних матеріалів порівняно з традиційними металевими конструкціями. Особливий акцент зроблено на питаннях безпеки та довговічності композитних цистерн. Результати дослідження мають важливе значення для розвитку перспективних матеріалів у залізничній галузі.

У роботі [3] Розглянуті в технічній літературі сталі комбінують у зварних з'єднаннях у таких поєднаннях: перлітні з перлітними, феритні та феритно-мартенситні з феритними та феритно-мартенситними, аустенітні та феритно-аустенітні з аустенітними та феритно-аустенітними, перлітні з феритними і феритно-мартенситними, перлітні з аустенітними і феритно-аустенітними, феритні та феритно-мартенситні з аустенітними та феритно-аустенітними.

Застосування різномірних сталей забезпечує як найповніше використання матеріалів у конструкції, призводить до різкого зниження витрат легувальних сталей і дає великий економічний ефект. У металоконструкціях використовують зварні з'єднання одного структурного класу різного легування або різних структурних класів

Основні результати. Встановлено, що двошарова сталь має помітну анізотропію властивостей. Для сталі 09Г2С коефіцієнт анізотропії R_{cp} становить 0,946, а ступінь анізотропії λ_R – 0,158; для шару 12Х18Н10Т ці показники дорівнюють 1,116 та 0,134 відповідно. Експериментальні дані добре узгоджуються з теоретичними розрахунками за залежностями Р. Хілла (похибка не перевищує 5%), що підтверджує коректність застосування теорії анізотропної течії. Отримано константи кривих зміцнення, які дозволяють прогнозувати поведінку матеріалу при пластичному деформуванні.

Для досліджуваних матеріалів встановлено хороше узгодження (з похибкою в середньому до 5 %) експериментальних і розрахункових (1) .(2) значень меж плинності й коефіцієнтів анізотропії, що дає змогу рекомендувати ці залежності для обчислення меж плинності та коефіцієнтів анізотропії в будь-яких напрямках відносно напрямку прокатки (за відомих відношеннях параметрів анізотропії G/F , H/F та N/F) (див. табл. 1).

Таблиця 1 Значення коефіцієнтів анізотропії(Ланкфорда) та величин відношень параметрів анізотропії

Матеріал сталь	R _a при куті вирізки зразка β, град.			R _{cp}	λ _R	Відношення параметрів анізотропії		
	0°	45°	90°			H/F	G/F	N/F
09Г2С	0,87	0,95	1,02	0,946	0,158	1,02	1,172	3,15
12Х18Н10Т	1,05	1,1	1,2	1,116	0,134	1,2	1,142	2,941

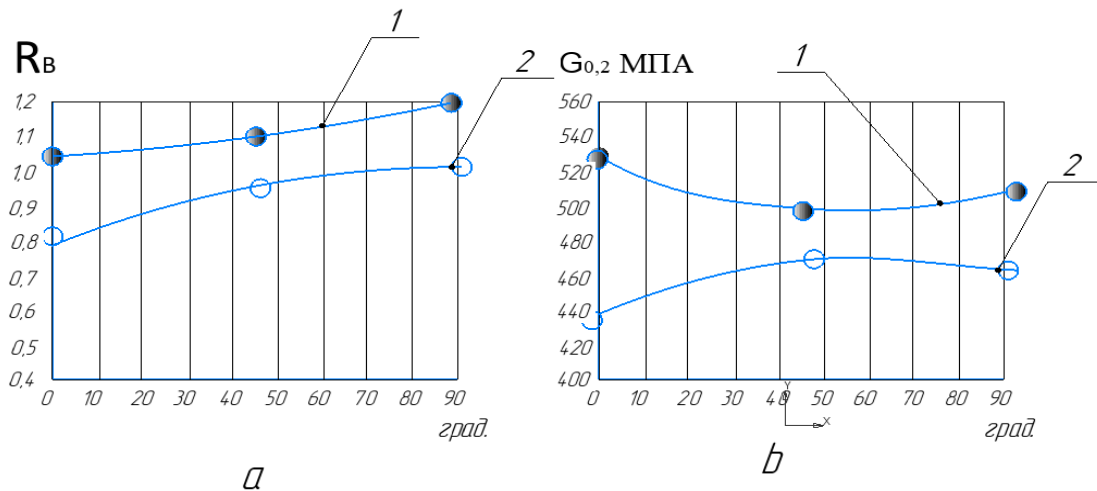
Для отримання найбільш достовірних результатів за визначенням рівномірного відносного подовження δ_p використовували ту частину розірваного образця, в якій осередок був найвіддаленішим від осередку локальної деформації (місця розриву). Зміну меж плинності $\sigma_{0,2\beta}$, залежно від кута вирізки зразків відносно напрямку прокатки показано на рис. 1, а. Криві побудовано на основі розрахунків величини $\sigma_{0,2\beta}$, за рівнянням [4].

$$\sigma_{s90}^2 = \frac{\sigma_{s90}^2 \left(1 + \frac{H}{F}\right)}{\left[\sin^2 \beta + \frac{G}{F} \cos^2 \beta + \frac{H}{F} + \left(2 \frac{N}{F} - 1 - \frac{G}{F} - 4 \frac{N}{F}\right) \sin^2 \beta \cos^2 \beta\right]} \quad (1)$$

де σ_{s90} - межа плинності матеріалу зразка, вирізаного в напрямку, перпендикулярному напрямку прокатки.

На рис. 1,б показано зміну величин коефіцієнтів анізотропії R_β і умовної межі плинності $\sigma_{0,2\beta}$, отриманих експериментально (позначених крапками) за виразом [5].

$$R_{\beta} = \frac{\frac{H}{F} + \left(2\frac{N}{F} - 1 - \frac{G}{F} - 4\frac{N}{F}\right) \sin^2 \beta \cos^2 \beta}{\sin^2 \beta + \frac{G}{F} \cos^2 \beta} \quad (2)$$



крива 1 - сталь 12X18H10T; крива 2 - сталь 09Г2С

Рисунок 1. Залежності зміни коефіцієнтів анізотропії R_{β} (а), меж плинності $\sigma_{0,2\beta}$ (б) від кута вирізки зразків

Висновки. Двошарова сталь 09Г2С+12X18H10T є перспективним матеріалом для вагонобудування. Її застосування дозволяє зменшити товщину елементів кузова (наприклад, обшивки з 2,5 мм до 1,5 мм) та знизити металомісткість несучих конструкцій (хребтової балки) приблизно на 600 кг, що напряму впливає на підвищення вантажопідйомності. Економія маси 600 кг дозволяє зменшити витрати на матеріал основи (сталь 09Г2С) на 12 600 грн на один вагон, що частково компенсує вищу вартість біметалевого прокату та дає довгостроковий ефект за рахунок збільшення вантажопідйомності". Використання біметалу забезпечує високу корозійну стійкість завдяки нержавіючому плакувальному шару та необхідну міцність конструкції в цілому. Отримані експериментальні дані (анізотропія, криві зміцнення) є основою для подальших розрахунків напружено-деформованого стану та оптимізації технологічних процесів виготовлення деталей вагонів.

References

1. Fomin. O.V., Burlutskyi O.V., Prochorchuk M., Krasulin O., Zelenskyi O. (2025) Evaluation of the efficiency of double-layer steel as a structural material for freight cars, Transactions of Kremenichuk Mykhailo Ostrohradskyi national university. Kremenichuk: KRNU. Volume 3 (152). pp. 139-147. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2025.3.15>
2. Street, G. E., Mistry, P. J., & Johnson, M. S. (2021). Impact resistance of fibre reinforced composite railway freight tank wagons. Journal of Composites Science, 5(6), 152. <https://doi.org/10.3390/jcs5060152>
3. Г.Г. Басов, О.І. Гедрович, С.О. Ткаченко, О.М. Ткаченко Перспективи зварювання елементів кузовів вагонів електро та дизельпоїздів із різнорідних сталей на ВАТ «ХК Луганськтепловоз», Вісник СХУ ім. В. Даля. №6 (100). 2006. Ч. 2. С. 62-69
4. Хілл Р. Математична теорія пластичності. Держ. вид-во техніко-теоретичної літератури, 1956. С. 408
5. Fomin O.V, Burlutskyi O.V., Krasulin A.S., Tarasenko A.V., Gunko I.V. / Mathematical description of the shrinkage function for determining deformations of mechanical engineering structures // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». Том 36 (75) № 2, 2025, С. 36-41 DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.2.1/06>

РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ 1Н713

Коротков В.С., к.т.н., доцент, Питайло В.І., студент
Дніпровський державний технічний університет

Для розширення технологічних можливостей токарних верстатів відносно застарілих моделей часто виконують заміну елементів системи управління чи електропривода, вузлів механічної чи пневматичної частини, заміну підшипників на шпинделях і т. ін.

Для вирішення задачі розширення технологічних можливостей токарно копіювального верстата моделі 1Н713 [1], поставлена задача розробки конструкції вузла кріплення інструментів і, розробки технології виготовлення базової деталі вузла - корпусу універсальної державки.

Специфічною особливістю постановки задачі і варіанту її вирішення була розробка конструкції вузла кріплення інструменту таким чином, щоб уникнути можливі зміни конструкції різцетримача самого верстату. Для цього на стадії розробки конструкції універсальної державки передбачені елементи установки складального вузла на існуючі в базовій моделі верстата посадкові місця. Конструкція вузла забезпечує точну установку стандартного різального інструменту і можливість корекції його положення (при необхідності).

На рисунку показаний загальний вигляд розробленої універсальної державки.

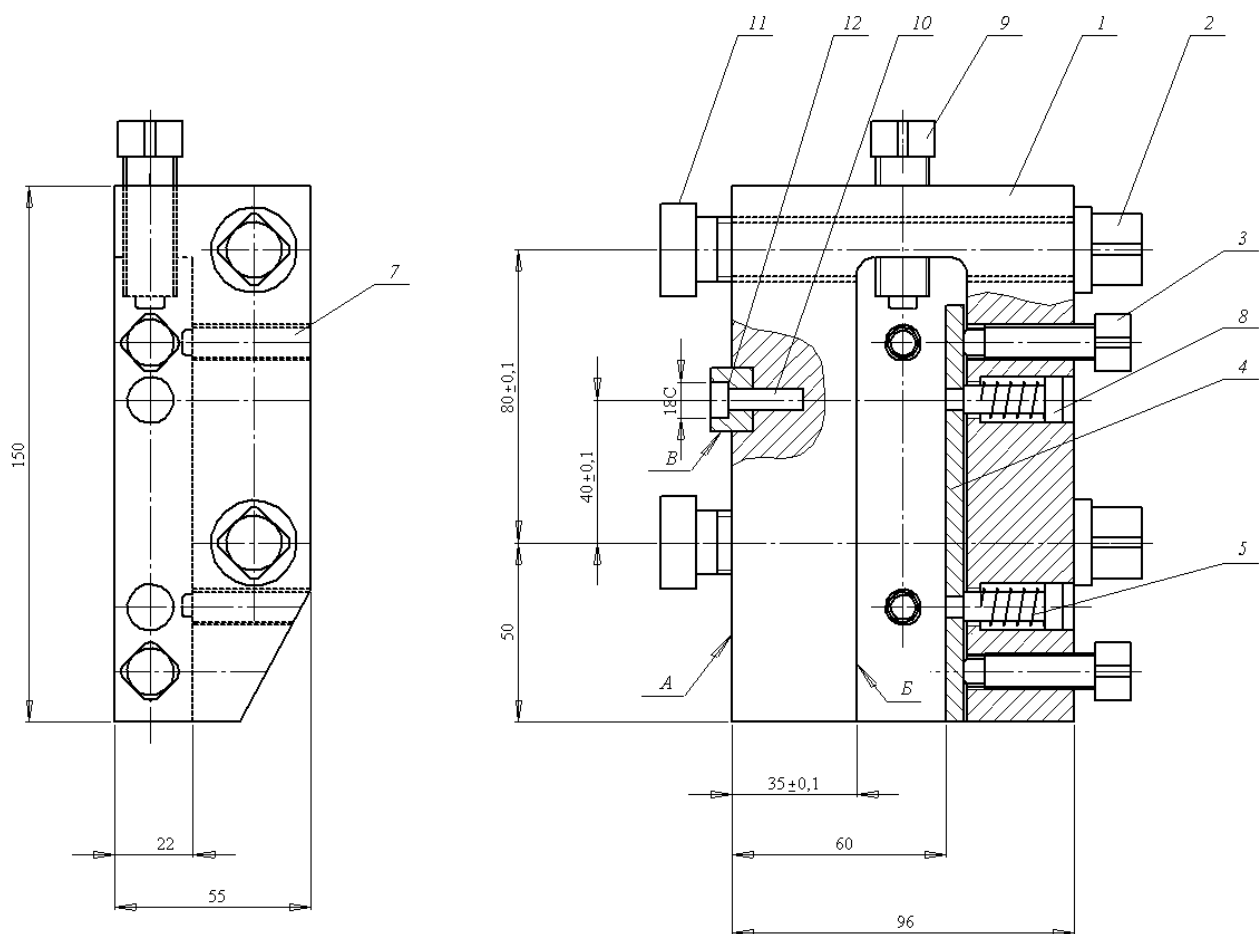


Рисунок. Державка універсальна з можливістю регулювання положення інструменту

В корпусі 1 державки фрезеруванням оброблений паз для установки металорізального інструменту. Затискання інструменту здійснюється гвинтами 3 через планку 4, а остаточне його положення корегується гвинтами 7 і 9.

Для переміщення державки в стандартних пазах різцетримача і фіксування її положення використовуються сухарі 11 які з'єднані з гвинтами 2 різьбленням. Точне переміщення державки вздовж пазів різцетримача виконується по шпонковому пазу завдяки закріпленій на корпусі 1 гвинтом 10 шпонці 12.

Практичне використання розробленого пристрою розширює технологічні можливості верстату шляхом швидкої заміни державки з точно установленим інструментом, здатним виконувати обробку деталі без тривалого переналагоджування.

В розробленій конструкції державки використовуються стандартні кріпильні елементи. Не стандартні складові виготовляються в умовах механічного цеху, або майстерні. Для виготовлення базової деталі – корпусу 1 розроблена технологія обробки різанням. Технологічний маршрут передбачає фрезерування площин кованої заготовки на універсальному фрезерному верстаті. Обробка пазу, свердління точних отворів і нарізання різьблення виконується на фрезерному верстаті з ЧПК.

Розроблена конструкція державки і технологія виготовлення корпусу створює передумови виконання робіт з розширення технологічних можливостей верстату безпосередньо в умовах виробництва, де використовуються токарно копювальні верстати 1Н713.

Література

1. Технічна документація на верстат моделі 1Н713.
2. Роговський Л.Л., Семеновський О.Є. Розрахунок режимів різання для механічного оброблення деталей машин. Методичні вказівки до розрахункової роботи з дисципліни „Теорія різання, металообробні верстати та обладнання» для студентів факультету конструювання і дизайну машин і систем природокористування за напрямом підготовки 6.050503 – «Машинобудування» – К.: вид. центр НУБіП України, 2011. – 88 с.
3. Малярчук А.О. М 21 Конструювання та розрахунок металорізальних верстатів. Курсове проектування. Частина 1. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. - 119 с.
4. Бочков В. М.; Сілін Р. Ш. ; Гаврильченко О. В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів Підручник / За ред. акад. АІНУ та УТА Р.І.Сіліна: Львів : Бескид Біт, 2008 .Description: 448 с.

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕЛЬЄФНОГО ТЕКСТУРУВАННЯ

Романюк О.Н., д.т.н., проф., Романюк О.В. к.т.н., доцент Новосельцев О.О.

Вінницький національний технічний університет

Нові підходи до рельєфного текстурзування належать до важливих напрямів розвитку сучасної комп'ютерної графіки та технологій цифрового моделювання поверхонь. Упродовж останніх років спостерігається активне вдосконалення методів формування мікрогеометрії поверхні, що дозволяє відтворювати складні рельєфні структури без істотного збільшення кількості полігонів тривимірної моделі. Такий підхід забезпечує підвищення реалістичності зображень при збереженні високої продуктивності графічних систем. Сучасні дослідження спрямовані на розвиток алгоритмів формування рельєфу, оптимізацію обробки текстурних карт та вдосконалення методів представлення геометричних характеристик поверхонь [1].

Одним із важливих напрямів є розвиток класичних методів рельєфного текстурзування, таких як bump mapping і displacement mapping. У сучасних роботах ці підходи поєднуються з алгоритмами адаптивного поділу поверхні, що дозволяє уточнювати геометрію лише у тих ділянках, де це необхідно для коректного відображення рельєфу. Застосування адаптивних методів дає можливість отримувати більш деталізовані поверхні при відносно невеликих обчислювальних витратах. У результаті формується точніше відтворення контурів та дрібних структур, що має важливе значення для створення реалістичних тривимірних сцен [2].

Іншим перспективним напрямом є використання карт зміщення для формування фізичних рельєфних поверхонь у технологіях цифрового виробництва. У цьому випадку текстурні карти застосовуються не лише для візуалізації, але й для створення реальних поверхневих структур. На основі цифрових моделей можуть формуватися складні геометричні рельєфи, які потім відтворюються під час виготовлення деталей. Перевагою такого підходу є можливість створення поверхонь із заданими характеристиками мікрорельєфу, що відкриває широкі перспективи для промислового проектування та прототипування [3].

Значна увага у сучасних дослідженнях приділяється також методам синтезу текстур та покращенню їхньої якості. Розробляються алгоритми, які забезпечують формування безшовних текстурних поверхонь, зменшують появу артефактів на межах текстурних фрагментів і дозволяють зберігати характерні особливості матеріалу. Такі методи сприяють автоматизації створення текстурних карт для великих наборів тривимірних моделей і використовуються у системах віртуального моделювання, комп'ютерних іграх та інтерактивних графічних застосуваннях [2].

Окремий напрям досліджень пов'язаний із новими способами представлення тривимірних сцен, які дозволяють ефективно відтворювати складні поверхні та їх взаємодію зі світлом. Застосування нових структур представлення геометрії дає змогу підвищити деталізацію поверхонь і водночас забезпечити достатньо високу швидкість формування зображення. Такі підходи поступово інтегруються у сучасні системи формування графічних сцен і сприяють покращенню якості візуалізації [3].

Важливим аспектом сучасних технологій рельєфного текстурзування є також оптимізація структури текстурних даних. Для цього розробляються методи формування текстурних атласів, які дозволяють ефективніше розміщувати текстурні фрагменти на поверхні моделей. Використання геометричного аналізу поверхні дає змогу зменшити кількість стиків між текстурами та підвищити ефективність використання пам'яті графічної системи. Такі підходи особливо актуальні при роботі з великими тривимірними моделями,

що використовуються у системах моделювання складних об'єктів та міського середовища [1].

Використання штучного інтелекту у технологіях рельєфного текстурювання поступово стає одним із перспективних напрямів розвитку комп'ютерної графіки. Основна ідея застосування таких підходів полягає у автоматичному формуванні текстурних карт, що описують мікрорельєф поверхні, а також у підвищенні якості та деталізації текстур без істотного збільшення обчислювальних витрат. Алгоритми машинного навчання дозволяють аналізувати великі набори зображень поверхонь матеріалів і на основі отриманих даних формувати карти висот, нормалей або зміщення, які використовуються під час рендерингу тривимірних сцен. У результаті з'являється можливість автоматизувати процес створення складних рельєфних текстур, що значно скорочує час розробки тривимірного контенту [1].

Одним із напрямів використання штучного інтелекту є генерація текстурних карт на основі прикладів реальних поверхонь. У цьому випадку система аналізує структуру зображення матеріалу, визначає характерні закономірності рельєфу та формує відповідні карти висот або нормалей. Отримані текстури можуть застосовуватися для відтворення реалістичних поверхонь у віртуальних середовищах, системах комп'ютерного моделювання та ігрових рушіях. Перевагою такого підходу є можливість швидкого створення великої кількості варіацій текстур при збереженні характерних властивостей матеріалу [2].

Іншим напрямом є використання інтелектуальних алгоритмів для покращення якості існуючих текстурних карт. За допомогою методів аналізу зображень можна підвищувати роздільну здатність текстур, усувати шум і згладжувати переходи між фрагментами текстурного атласу. Це дозволяє отримувати більш деталізовані рельєфні поверхні навіть у тих випадках, коли початкові текстурні дані мають обмежену якість. Подібні методи активно застосовуються у системах обробки.

Таким чином, сучасні дослідження у сфері рельєфного текстурювання спрямовані на вдосконалення класичних алгоритмів формування рельєфу, розвиток методів синтезу текстур, оптимізацію структури текстурних даних та інтеграцію текстурних карт із технологіями цифрового виробництва. Подальший розвиток алгоритмів комп'ютерної графіки сприятиме створенню ще ефективніших методів рельєфного текстурювання, що забезпечать високий рівень деталізації поверхонь у різних галузях застосування – від інженерного моделювання до систем віртуальної реальності [2, 3].

Література

1. Романюк, О. Н., Майданюк В. П., Новосельцев О. О. Комп'ютерна графіка [Електронний ресурс] : електронний навч. посіб. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 147 с.
2. Романюк О. Н., Майданюк В. П., Новосельцев О. О. Реалізація рельєфного текстурювання на графічних процесорах // Information technologies: science, engineering, technology, education, health (MicroCAD-2025). – Харків : НТУ «ХП», 2025. – С. 1575.
3. Романюк О. Н., Захарчук М. Д., Новосельцев О. О., Котлик С. В. Використання рельєфного текстурювання в комп'ютерних іграх. – Вінниця : ВНТУ, 2025.
4. Romanyuk O., Bobko O., Romanyuk O. Features of parallelizing the computing process of forming three-dimensional graphic scenes // European Science. – 2024. – Vol. 2. – P. 134–147.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ПІДШИПНИКА БДЮ 01.110 ДИСКОВОЇ БОРОНИ БДТ-7

Коротков В.С., к.т.н., доцент, Васильєв В.С., студент
Дніпровський державний технічний університет

Дискова важка борона БДТ-7 призначена для розробки пластів ґрунту після оранки цілих земель, обробки важких ґрунтів після збирання сільськогосподарських культур та догляду за луками та пасовищами. Борона агрегується з тракторами Т-150, Т-150К, К-701.

Вузол підшипниковий з корпусом БДЮ 01.110 (в зборі) – це основний вузол кріплення дискових батарей важких дискових борін БДТ-7. Він призначений для забезпечення обертання та сприйняття високих радіальних і осьових навантажень під час обробки ґрунту.

На рисунку 1 показаний вузол підшипниковий, який містить сталевий корпус 5, втулку циліндричну 4, два підшипники 3 (серія 7212), ущільнювачі 2 і кришки 1. Вся конструкція закріплюється гвинтами 7. Маслянка 6 вкручується в радіальний отвір корпусу 5 і призначена для подачі мастила в середину вузла з підшипниками.

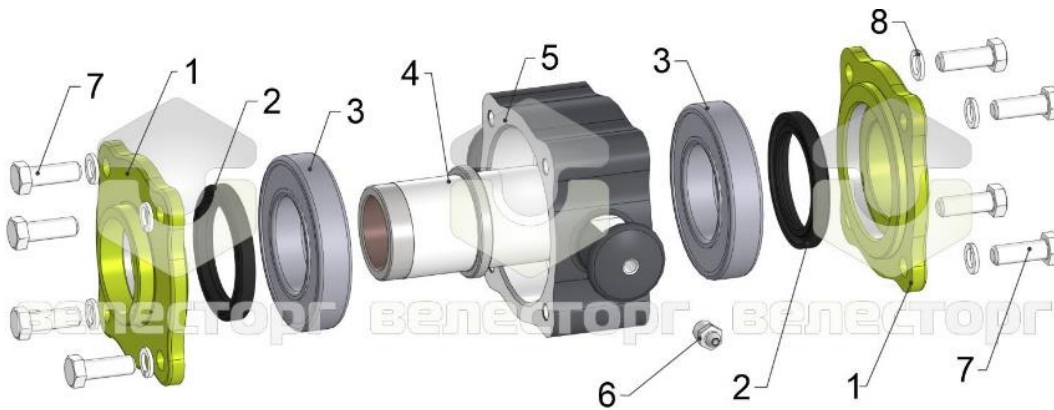


Рисунок 1. Вузол підшипниковий БДЮ 01.110

З часом деякі складові вузла після інтенсивної експлуатації виходять з ладу і виникає потреба в їх заміні. За даними статистики частіше за все міняють корпус 5, підшипники 3 і ущільнювачі 2.

Для забезпечування борони необхідними запасними частинами розроблена технологія виготовлення корпусу в умовах ремонтної майстерні. В якості заготовки використовується лиття по моделі. На рисунку 2 показане креслення корпусу з основними розмірами.

Технологічний маршрут містить наступні операції і технологічні переходи:

05 контрольна вхідна операція. Контролюється якість лиття і розміри заготовки.

010 Токарна операція. Використовується верстат моделі 16K20 з чотирьох кулачковим патроном. Після установки заготовки і закріплення токарним прохідним відігнутим різцем з пластиною із твердого сплаву T15K6 оброблюється торцева частина до видалення видимих дефектів. Наступним технологічним переходом є розточування осьового отвору розточувальним різцем з твёрдосплавною пластиною і подовженою державкою до діаметра отвору 101 – 102 мм. Останнім технологічним переходом є обробка фаски 1,5 x 45° попереднім прохідним різцем.

015 Токарна операція. Використовується також верстат 16K20 з чотирьох кулачковим патроном. Після установки і закріплення заготовки, аналогічно попередній операції, обробляється торець у розмір 72мм, обробляється фаска 1,5 x 45°, розточується попередньо і остаточно осьовий отвір до діаметру 110мм. Різальний інструмент такий же, як і на 010

токарній операції. Проміжний контроль розмірів виконується штангенциркулем, а осьовий отвір мікрометром.

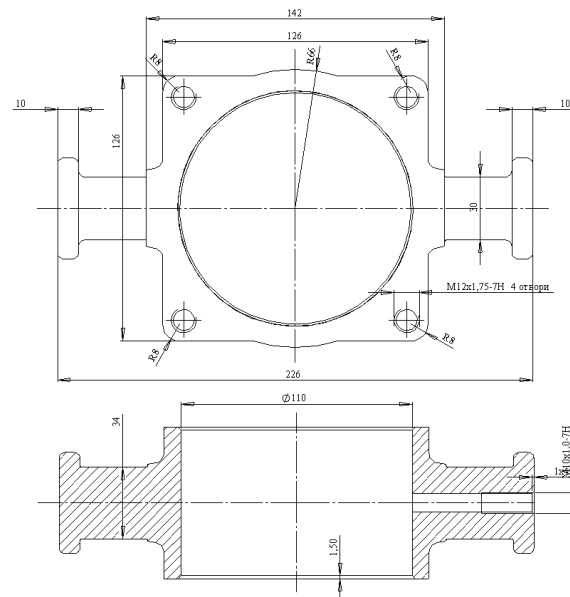


Рисунок 2. Креслення корпусу підшипника

020 Свердлильна операція виконується на верстаті 2Н125. Використовується кондукторне пристосування. Виконується свердління чотирьох отворів $\Phi 10,2$ мм з однієї сторони, а потім чотири таких же отвора з протилежної сторони. В кожному отворі зенківкою оброблюються фаски

025 Свердлильна операція. Виконується на верстаті 2Н125. Деталь закріплюється в машинних лещатах. Виконується свердління радіального отвору $\Phi 8,8$ мм, після чого зенківкою оброблюється фаска.

030 Слюсарна операція. Виконується в слюсарних лещатах. Нарізується різьблення М12Н7 в восьми отворах.. Після перестановки деталі нарізується різьблення М10х1,0 в радіальному отворі.

035 Контрольна операція. Виконується остаточний контроль деталі.

Корпус підшипника виготовлений по приведеній технології повністю відповідає діючим вимогам, що спрощує рішення проблеми забезпечення запасними частинами.

Література

1. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
2. Сільськогосподарські машини. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р Каравела 552с. 2023.

INTERMEDIATE RESULTS OF EVALUATING MODERN LARGE LANGUAGE MODELS USING THE MULTIDIMENSIONAL COMPLEXITY MATRIX (MCM-BENCH)

Vladyslav Blazhkiv, PhD student, group PhD-f3-25 “Computer Science”, Department of Computer Sciences and Engineering, Faculty of Information Technology and Electronics,
Lina Barbaruk, Associate Professor, Department of Computer Sciences and Engineering, Faculty of Information Technology and Electronics,
Tetiana Modestova, Professor, Department of Philology and Translation, Faculty of Law, Humanities and Social Sciences
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The aim of the study is to comprehensively evaluate the ability of modern Large Language Models (LLMs) to perform symbolic regression and abstract mathematical reasoning using the developed Multidimensional Complexity Matrix framework (MCM-Bench). The main objective is to conduct large-scale automated benchmarking of leading LLMs on tasks with controlled levels of structural, semantic, and topological complexity.

The research methodology is based on a specialized MCM-Bench software pipeline that combines procedural generation of mathematical expressions, construction of numerical samples, automated model execution, and multi-level answer evaluation. The current active pool contains 818 unique tasks, each tested on 12 modern models, including DeepSeek-V3.1, Llama-3.3-70B, Qwen-3-235B, and others. The full experimental plan therefore consists of 9,816 model-task runs.

Model performance is evaluated using Exact Symbolic Match (ESM), the target metric that records a complete symbolic match with the reference formula. For more detailed error analysis, Tree Edit Distance (TED) is used to measure structural distance between expression trees, while Mean Squared Error (MSE) characterizes numerical approximation quality. Benchmarking is performed through the APIs of the cloud providers SambaNova, Cerebras, Google, Groq, NVIDIA, Cohere, and Mistral, with dynamic rate-limit management and failure-recovery mechanisms to ensure pipeline robustness. As of May 2026, within the active testing schedule, generation and evaluation have been completed for 8,607 out of 9,816 planned runs, corresponding to 87.7% of the active pool. The intermediate results show that the overall success rate according to ESM is only 3.3% among completed runs, with 285 fully correct answers. This result indicates that recovering an exact analytical expression from numerical data remains a difficult challenge even for flagship artificial intelligence systems.

Preliminary error analysis shows that many unsuccessful answers are caused not only by numerical approximation errors but also by violations of syntactic constraints, incorrect operator selection, and malformed symbolic trees. For this reason, the auxiliary TED metric is essential: it makes it possible to distinguish partially close structural hypotheses from superficially similar but mathematically incorrect expressions. The obtained results confirm that LLMs should be evaluated not only by numerical error but also by their ability to construct a correct symbolic solution structure. The scientific significance of the work lies in establishing a reproducible approach for diagnosing the mathematical capabilities of LLMs in the MCM complexity space. Its practical significance is that MCM-Bench can be used to compare models, identify typical failure modes, analyze the impact of complexity classes on performance, and develop more effective prompting strategies. Future research will focus on correlations between MCM parameters and model-specific error types, as well as on extending the benchmark to multivariate and noisy symbolic-regression settings.

References

1. Blazhkiv V.O., Barbaruk L.V. Development of an intelligent benchmark for evaluating mathematical reasoning and symbolic reconstruction of large language models // Proceedings of the XI International Forum “IT-Idea 2025”. Kyiv, 2025. P. 82-84.

THE EFFECT OF WHEEL PROFILE DESIGN PARAMETERS ON OPERATIONAL WEAR

Vorobiov O., graduate student

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Excessive wear on wheel flanges and the side faces of outer rails is largely due to improper formation of flange contact. This process is also influenced by track narrowing in curved sections and the use of wheel tread profiles with low taper. Under such conditions, the normal slip-free rolling mode of the wheel set is disrupted, causing the flange of the outer wheel to press against the outer rail. Operational experience shows that to reduce wear, it is important to properly establish contact between the wheel flange and the curved recess of the rail head.

Scientific studies identify three main types of interaction between the wheel flange and the rail: two-point, single-point, and conformal contacts [1-3]. Since the contact area between the flange and the rail surface is small, complex stresses arise at the point of contact.

Two-point contact is characterized by rapid surface wear and plastic deformation of the metal. In curved track sections, under the action of lateral loads, significant wheel flange slippage occurs, which further accelerates wheel wear. Wear continues until the shape of the flange partially adapts to the rail profile. In this case, undercutting of the flange is often observed even in the presence of lubricant in the contact zone.

Single-point contact is accompanied by significant contact stresses and longitudinal slippage. This leads to fatigue failure of the working surface of the rail head. The causes of such contact may include errors in the design of the wheel and rail profiles, deformation of the rail during operation, or excessive wear of the wheel's rolling surface. As a result, longitudinal cracks, spalling of the metal, and increased lateral wear may form on the rail due to the unstable movement of the wheel set.

Conformal contact develops gradually during operation as the profiles of the wheel flange and the rail working surface take on a matched shape. This type of contact is considered the most favorable because it ensures a more uniform load distribution and better retention of the lubricating film due to lower specific pressures. Furthermore, in this case, there is no significant increase in wheel conicity. During the formation of conformal contact, it is important that the profile of the rail's working edge smoothly matches the profile of the wheel flange and transitions into the rolling surface without forming a two-point contact.

To explain the effect of track narrowing and the use of profiles with reduced conicity, the following symbols are introduced: δ – total clearance between the inner edges of the rails and the working surfaces of the wheel flanges; r_0 – radius of the wheel rolling circle; h – half the distance between the rolling circles; i_0 – the tangent of the angle of inclination of the conical rolling surface; R_0 – the radius of the curved section of the track.

If a wheel set is displaced from its central position toward the outer rail by a distance of $\delta/2$, then the center of the wheel set will move along an arc of a certain radius in the horizontal plane:

$$R_{\delta/2} = \frac{2r_0h}{i_0\delta} \quad (1)$$

This expression shows that when $R_{\delta/2} \leq R_0$, a wheel set can roll through a curve of radius R_0 without the wheels slipping on the rails and without the outer wheel constantly running up against the rail. If, however, $R_{\delta/2} \geq R_0$, the wheel set cannot roll without slipping, and throughout the entire movement in the curve, the outer wheel's flange strikes the outer rail.

The outer rail, preventing the contact, pushes the wheel set across the track toward the inner rail, overcoming the Coulomb friction force between the rolling surfaces of the wheels and the rails. The magnitude of this force is approximately equal to:

$$F_{mp} = Pf \quad (2)$$

where P – the force exerted by the wheel set on the rails, and f – the coefficient of sliding friction.

A normal force arises between the working edge of the outer wheel's flange and the inner edge of the outer rail:

$$N = \frac{Pf}{\sin \gamma} \quad (3)$$

where γ – the angle of inclination of the working face of the flange relative to the axis of rotation of the wheel set. For values of $P = 20$ t, $f = 0,25$, $\gamma = 60^\circ$, we have $N = 5,67$ t. Under this enormous pressure, the flange of the outer wheel continuously rubs against the side surface of the outer rail, wearing itself down intensively and wearing down the rail.

Due to the insufficient taper $2i_0$ and total clearance δ , longitudinal tangential forces act on the wheels from the rail side, causing the wheel set to rotate around the vertical axis and leading to the wheels running up on the outer rail regardless of which wheel is slipping. Added to these negative effects is wheel slippage on the rails, which reduces the traction coefficient of locomotive wheel sets and leads to wheel spin, energy waste, and the use of sand.

Studies have shown that reducing the taper of the rolling surface of car and locomotive wheels and narrowing the track width have insufficient justification regarding wear intensity. To significantly reduce wear on both the rail head and the wheel flanges, it is proposed to increase the taper of the rolling surface of locomotive and car wheels to $2i_0 = 0,2$ and restore the track gauge to previous standards.

References

1. Choi, H.-Y., Lee, D. H., & Lee, J. (2013). Optimization of a railway wheel profile to minimize flange wear and surface fatigue. *Wear*, 300(1-2), 225-233. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2013.02.009>
2. Zub, E., Tkachenko, V., Saponova, S., Syvakivskiy, S. (2024). Determining the influence of wheelset arrangement in the model 18-100 bogies on the level of steering efforts in the wheel-rail flange contacts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(7(129)), 38–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304328>
3. Telliskivi, T., & Olofsson, U. (2001). Contact mechanics analysis of measured wheel-rail profiles using the finite element method. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 215(2), 65-72. <https://doi.org/10.1243/0954409011531404>

МІКРОПРОЦЕСОРНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

Салінко Р. І., здобувач вищої освіти першого бакалаврського рівня, Салінко Г. О., здобувач вищої освіти першого бакалаврського рівня, Самойлова Ж. Г., к.т.н., доцент
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасні умови функціонування енергетичної системи України характеризуються високим рівнем нестабільності, спричиненим пошкодженням об'єктів енергетичної інфраструктури, дефіцитом генеруючих потужностей та необхідністю використання резервних джерел живлення. За таких умов особливого значення набувають технології контролю та оптимізації споживання електричної енергії. Одним із найбільш ефективних інструментів вирішення цього завдання є мікропроцесорні системи моніторингу енергоспоживання.

В останні роки значна кількість українських домогосподарств, підприємств та установ використовують резервні джерела живлення, зокрема генератори, інвертори та акумуляторні системи. У таких умовах особливої актуальності набуває оперативний контроль параметрів електромережі та раціональне управління енергоспоживанням, що дозволяє підвищити ефективність використання наявних енергетичних ресурсів.

Метою роботи є аналіз архітектури та функціональних можливостей сучасних мікропроцесорних систем моніторингу електроенергії в умовах нестабільного електропостачання.

В умовах віялових відключень та переходу на резервні джерела живлення виникає необхідність оперативного контролю параметрів електричної мережі. До основних завдань таких систем належать балансування навантаження, контроль якості електроенергії, пріоритезація споживачів та облік фактичного енергоспоживання. Особливо актуальним є запобігання перевантаженню мереж при роботі від генераторів, інверторів та акумуляторних систем накопичення енергії.

Типова мікропроцесорна система моніторингу складається з трьох основних рівнів: збору даних, передачі інформації та програмного забезпечення для аналізу результатів. На рівні збору даних використовуються датчики струму, трансформатори напруги та спеціалізовані вимірювальні мікросхеми. Обробка отриманої інформації здійснюється за допомогою сучасних мікроконтролерів сімейств STM32, ESP32 або AVR, які забезпечують розрахунок параметрів електричної мережі в режимі реального часу.

Передача даних може реалізовуватися як дротовими каналами зв'язку (RS-485, Ethernet, CAN), так і бездротовими технологіями Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee або LoRaWAN. Використання бездротових мереж значно розширює можливості впровадження систем моніторингу на територіально розподілених об'єктах та в умовах обмеженої інфраструктури.

Верхній рівень системи представлений програмним забезпеченням для накопичення, аналізу та візуалізації даних. Для цього використовуються локальні вебінтерфейси, SCADA-системи та хмарні IoT-платформи. Такі рішення дозволяють здійснювати безперервний моніторинг параметрів мережі, будувати графіки навантаження та прогнозувати споживання електроенергії.

Важливою перевагою сучасних мікропроцесорних систем є можливість інтеграції з альтернативними джерелами енергії. Моніторинг роботи сонячних електростанцій, акумуляторних батарей та дизель-генераторів дозволяє підвищити ефективність використання резервного живлення та збільшити рівень енергетичної автономності об'єктів. Додатково реалізуються функції аварійного сповіщення про зникнення напруги, перевищення допустимих параметрів мережі або критичний рівень заряду акумуляторів.

Перспективним напрямом розвитку є впровадження алгоритмів інтелектуального керування навантаженням. Такі системи здатні автоматично відключати другорядних споживачів у моменти пікового навантаження, забезпечуючи стабільну роботу критично важливого обладнання. Подібний підхід дозволяє ефективніше використовувати доступні енергетичні ресурси та зменшувати витрати на електроенергію.

Отже, мікропроцесорні системи моніторингу є важливим елементом сучасної енергетичної інфраструктури. Їх використання забезпечує підвищення енергоефективності, оперативний контроль параметрів електромережі та підтримку роботи резервних джерел живлення. Для України особливого значення набуває розробка енергонезалежних систем моніторингу з можливістю швидкого реагування на аварійні зміни параметрів мережі та інтеграції з альтернативними джерелами електроенергії.

Література

1. Yiu J. The Definitive Guide to Arm Cortex-M23 and Cortex-M33 Processors. 2nd ed. Oxford : Newnes, 2020. 592 p. ISBN 978-0128207354.
2. Rashid M. H. Power Electronics Handbook. 5th ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2024. 1512 p.
3. Mazidi M. A., Naimi S., Naimi S. The AVR Microcontroller and Embedded Systems: Using Arduino Uno and Mega 2560. Pearson, 2018. 784 p.

ФОРМУВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА В КОНТЕКСТІ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ

Гриценко Н.В. к.е.н., доцент, Козодой Д.С. к.т.н., доцент
Український державний університет залізничного транспорту

Сучасні умови функціонування транспортних підприємств характеризуються підвищеною конкуренцією, зростанням вимог до якості послуг і посиленням регуляторного впливу у сфері безпеки праці та соціальної відповідальності. У цих умовах традиційні підходи до оцінки ефективності, що базуються виключно на фінансових результатах, є недостатніми. Зростає необхідність формування комплексної системи економічних показників, яка б враховувала не лише прибутковість, але й рівень безпеки праці та соціальні аспекти діяльності підприємства.

Економічна ефективність транспортного підприємства традиційно визначається через такі показники, як прибуток, рентабельність, собівартість перевезень, продуктивність праці та фондовіддача. Однак ігнорування факторів охорони праці може призводити до прихованих витрат, пов'язаних із виробничим травматизмом, простоями, штрафами та зниженням продуктивності персоналу. Таким чином, забезпечення належного рівня безпеки праці є не лише соціальною необхідністю, але й економічно доцільним фактором.

Охорона праці на транспортному підприємстві включає систему заходів, спрямованих на збереження життя і здоров'я працівників у процесі трудової діяльності. Витрати на охорону праці часто розглядаються як додаткове навантаження на бюджет підприємства, проте в довгостроковій перспективі вони сприяють зниженню загальних витрат за рахунок запобігання аваріям, зменшення плинності кадрів і підвищення мотивації персоналу. У цьому контексті доцільно використовувати такі показники, як коефіцієнт виробничого травматизму, витрати на охорону праці на одного працівника, рівень професійних ризиків.

Соціальна відповідальність транспортного підприємства передбачає дотримання етичних норм, забезпечення гідних умов праці, розвиток персоналу та взаємодію із суспільством. Соціальна складова безпосередньо впливає на економічні результати діяльності через формування репутації підприємства, підвищення лояльності працівників та клієнтів, а також зниження соціальних ризиків. Відповідно, до системи оцінювання ефективності слід включати такі показники, як рівень задоволеності працівників, коефіцієнт плинності кадрів, витрати на соціальні програми, індекс корпоративної соціальної відповідальності.

Інтеграція економічних, безпекових і соціальних показників дозволяє сформувати більш об'єктивну оцінку діяльності транспортного підприємства. Одним із можливих підходів є використання збалансованої системи показників, що поєднує фінансові та не фінансові індикатори (рис.). Такий підхід забезпечує узгодження стратегічних цілей підприємства з вимогами сталого розвитку.

Система економічних показників у контексті охорони праці формується як інтегрована модель оцінки ефективності діяльності підприємства, де безпека праці розглядається не як допоміжна функція, а як фактор, що прямо впливає на витрати, продуктивність і фінансові результати. Такий підхід відповідає сучасній концепції сталого розвитку та управління підприємством, коли поряд із фінансовими результатами враховуються соціальні й безпекові аспекти [1].

У цьому контексті всі показники доцільно поділяти на фінансові (які мають грошове вимірювання і безпосередньо впливають на фінансовий результат) та не фінансові (які відображають стан умов праці, рівень безпеки, соціальні аспекти, але опосередковано впливають на економіку підприємства).

Особливої актуальності зазначена проблема набуває в умовах трансформації транспортної галузі України, коли підприємства змушені адаптуватися до європейських стандартів безпеки та соціальної політики. У цьому контексті формування ефективної системи показників сприятиме підвищенню конкурентоспроможності транспортних підприємств на міжнародному ринку.

Таким чином, формування економічних показників ефективності транспортного підприємства має здійснюватися з урахуванням вимог охорони праці та соціальної відповідальності. Це дозволяє не лише підвищити економічні результати діяльності, але й забезпечити стійкий розвиток підприємства в довгостроковій перспективі. Урахування вимог охорони праці означає, що економічна ефективність підприємства повинна оцінюватися з позиції мінімізації втрат від виробничого травматизму, професійних захворювань, аварійних ситуацій та простоїв, пов'язаних із порушенням безпеки. У цьому контексті витрати на охорону праці вже не розглядаються як виключно стаття витрат, а набувають характеру інвестицій у стабільність виробничого процесу. Вони сприяють зниженню прихованих економічних втрат, підвищенню продуктивності праці та зменшенню плинності кадрів.

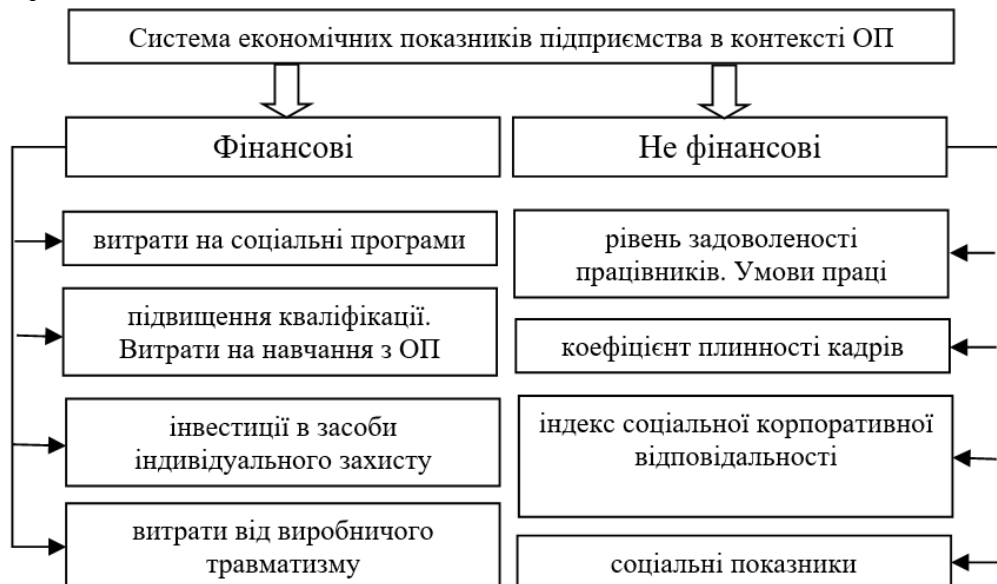


Рис. 1 – Збалансована система показників підприємства в контексті охорони праці

Отже, інтеграція показників охорони праці та соціальної відповідальності в систему економічної оцінки діяльності транспортного підприємства є необхідною умовою підвищення його ефективності. Запропонований підхід дозволяє врахувати комплекс факторів, що впливають на результати діяльності, та забезпечити баланс між економічними інтересами підприємства і соціальними потребами працівників. Перспективами подальших досліджень є розробка методичних підходів до кількісної оцінки інтегрованих показників ефективності.

У довгостроковій перспективі такий підхід сприяє переходу транспортного підприємства до моделі сталого розвитку, де економічні, соціальні та безпекові аспекти розглядаються як взаємопов'язані елементи єдиної системи управління. Це забезпечує не лише фінансову стійкість, але й адаптивність підприємства до змін зовнішнього середовища, що є ключовою умовою його успішного функціонування в сучасній економіці.

Література

1. Гриценко Н.В., Козодой Д.С. Теоретичні передумови економічного забезпечення охорони праці на транспортних підприємствах. Збірник наук. праць УкрДУЗТ, м. Харків, Вип. 212, 2025. С.274-281 <https://doi.org/10.18664/1994-7852.212.2025.336517>

ПЕРЕДУМОВИ ТРАНСФОРМАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ У ПРОЦЕСАХ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

Ковальчук Є.О., аспірант

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Повоєнна відбудова України формує нові умови функціонування будівельної галузі, як драйвера економічного зростання та модернізації країни. У 2025 р. розвиток її характеризувався ростом будівельного ринку на 24% порівняно з 2024 р., інвестицій у комерційну та житлову нерухомість, розширенням відновлення та захисту об'єктів критичної інфраструктури, підвищення енергоефективності. Водночас до застарілих проблем та воєнних втрат додалися дефіцит трудових ресурсів, зростання вартості будівельних матеріалів та посилення потреби у модернізації будівельних процесів [1]. Поточна модель управління розвитком будівельних підприємств орієнтована на адміністративне регулювання і не враховує принципів гнучкості, ризик-менеджменту та цифровізації, що є базовими у сучасних умовах [2]. У зв'язку з цим виникає необхідність її адаптації до нових економічних, організаційних та інвестиційних викликів.

Метою дослідження є визначення передумов трансформації системи управління розвитком будівельних підприємств та окреслення її векторів у процесах повоєнної відбудови.

Однією з ключових передумов трансформації систем управління розвитком будівельних підприємств є ускладнення механізмів реалізації будівельних проєктів у процесах повоєнної відбудови. Масштабність відновлення, багатосуб'єктність взаємодії та необхідність оперативної реалізації проєктів зумовлюють потребу в інтегрованій координації будівельних, інвестиційних та організаційних процесів. За таких умов посилюється значення комплексного управління життєвим циклом об'єкта та використання цифрових інструментів управління. Прикладом інтегрованого підходу є експериментальний проєкт «Проектуй і будуй», який передбачає об'єднання стадій проєктування та будівництва в межах одного контракту [3]. Наразі механізм реалізується переважно у сфері оборонно-промислового комплексу та критичної інфраструктури, однак урядом декларується можливість поширення такого підходу й на інші сфери будівництва.

Ускладнення механізмів фінансування будівельних проєктів під час війни також є важливою передумовою змін. «Сучасні підходи до фінансування будівництва передбачають використання державно-приватного партнерства, інноваційних фінансових механізмів та інтегрованих моделей інвестування» [4]. Крім того, у процесах відбудови зростає роль міжнародної фінансової допомоги та грантового фінансування. Це формує запит на розвиток компетенцій фахівців будівельних підприємств у сфері інвестиційного менеджменту, оцінки ризиків та адаптації систем управління до роботи з багатоканальними моделями фінансування.

Серед передумов трансформації систем управління вагоме місце посідає також розвиток партнерських моделей. Сучасний будівельний девелопмент розглядається як система взаємодії стейкхолдерів, де результативність реалізації проєктів залежить від координації інтересів держави, інвесторів, забудовників, підрядників та громад [5]. Законодавчі зміни у сфері містобудування також посилюють роль девелопера в організації та координації реалізації будівельних проєктів [6].

Також зростає роль територіального планування та комплексного підходу до відновлення територій, що передбачає узгодження соціальних, економічних, екологічних та інфраструктурних аспектів реалізації будівельних проєктів. Водночас розширення взаємодії будівельних підприємств із територіальними громадами, органами влади, міжнародними донорами та іншими учасниками процесів відбудови супроводжується ускладненням

координації інтересів і механізмів реалізації проєктів. Це зумовлює необхідність розвитку партнерських моделей взаємодії та адаптації підходів до управління будівельними підприємствами.

Сукупність окреслених передумов свідчить про поступову зміну підходів до управління розвитком будівельних підприємств у процесах повоєнної відбудови. В умовах ускладнення механізмів реалізації будівельних проєктів, посилення міжсекторальної взаємодії та необхідності комплексного відновлення територій традиційна централізовано-бюрократична модель управління, орієнтована переважно на адміністративне регулювання будівельних процесів, втрачає ефективність.

За таких умов одним із ключових векторів трансформації систем управління розвитком будівельних підприємств стає впровадження девелопмент-орієнтованих підходів. Вони передбачають управління повним циклом реалізації проєктів, інтеграцію організаційних, фінансових та інженерних процесів, координацію взаємодії учасників будівництва та орієнтацію на комплексний розвиток територій. Першочергового значення при цьому набувають розвиток інновацій, цифрових компетенцій та будівельно-інформаційних технологій, розширення міжнародного партнерства та диверсифікація фінансово-інвестиційних механізмів, адаптація систем ризик-менеджменту та підвищення гнучкості управлінських рішень. Водночас подальша трансформація потребує удосконалення нормативно-правового забезпечення інтегрованої реалізації будівельних проєктів, розвитку механізмів партнерської взаємодії, кадрових реформ та адаптації містобудівного регулювання до потреб повоєнної відбудови.

Отже, повоєнна відбудова формує передумови трансформації систем управління розвитком будівельних підприємств та сприяє генезису нових управлінських підходів, орієнтованих на комплексне відновлення територій. У цих умовах девелопмент-орієнтовані підходи можуть розглядатися як один із перспективних напрямів адаптації будівельних підприємств до сучасних викликів відбудови, який також супроводжується зміною функціональної ролі будівельних підприємств.

Список використаних джерел

1. Озейчук А. Тенденції будівельного ринку України у 2025 році. GMK Center. Режим доступу: <https://gmk.center/ua/opinion/tendencii-budivelnogo-rinku-ukraini-u-2025-roci/>
2. Топазли Р. Механізми публічного управління програмами розвитку будівництва в умовах сучасних викликів. *Economic Synergy*. 2025. №3. С. 125–139. <https://doi.org/10.53920/ES-2025-3-10>.
3. Юрець О. Пілотні проєкти «Проєктуй-будуй» як крок на шляху до впровадження ЕРС-контрактів та міжнародних проформ FIDIC. *Property Times*. Режим доступу: https://propertytimes.com.ua/blogs/na_yuret/pilotni_proyekty_proyektuybuduy_yak_krok_na_shl_yakhu_do_vprovadzhennya_ers_kontraktiv_ta_mizhnarodnykh_proform_fidic
4. Малихін М., Козак А., Дружинін М. та ін. Організаційно-технологічний девелопмент та інтегрована реалізація проєктів у будівництві: монографія. Київ: КНУБА, 2025. 202 с.
5. Фесун А., Федоров В., Кучеренко О., Хоменко О., Крупник Д., Цзін Ц. Парадигмальний концепт сучасного будівельного девелопменту в контексті стратегічного цілепокладання підприємств-стейкхолдерів будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2024. № 60. С. 200–208. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.200-208>
6. Саркісян Л. Г. Девелопер в законі №5655. *Економічний вісник Донбасу*. 2023. №2 (72). С. 178–197. [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2023-2\(72\)-178-197](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2023-2(72)-178-197)

ПРАВОВІ МЕХАНІЗМИ ІНКЛЮЗИВНОЇ РЕІНТЕГРАЦІЇ ВЕТЕРАНІВ У ТРУДОВІ КОЛЕКТИВИ

Середіна А.С., Ільїнова І.В.

Харківський автомобільно-дорожній фаховий коледж

Сучасні трансформації ринку праці зумовлюють перегляд класичної функції трудового права. В умовах післявоєнного відновлення пріоритетом стає не формальне збереження робочого місця, а створення правових механізмів, що забезпечують адаптивність праці до стану працівника [2]. Традиційна модель гарантувала збереження посади та доходу, однак не враховувала зміну функціональних можливостей ветерана після демобілізації. Новітня правова доктрина зміщує акцент на обов'язок роботодавця організувати працю відповідно до медичних рекомендацій та індивідуальної програми реабілітації. Цей підхід узгоджується з міжнародними стандартами інклюзивної зайнятості, закріпленими у UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities, яка встановлює юридичний обов'язок держав і роботодавців забезпечувати умови рівної участі у праці [1].

Сьогодні розуміння робочого місця виходить за межі фізичного простору та охоплює організаційні, функціональні й психологічні параметри праці. У цьому контексті ключовим стає принцип розумного пристосування, що передбачає адаптацію умов праці без непропорційного тягара для роботодавця. Практична реалізація цього принципу включає: зміну режиму робочого часу, модифікацію робочого простору, адаптацію функціональних обов'язків, технічне переобладнання робочого місця [3]. Прикладом правозастосування є те, що ветеран із посттравматичним стресовим розладом може потребувати ізольованого робочого простору або сенсорної адаптації середовища. Для працівника з порушенням мобільності необхідною є фізична доступність робочого місця та санітарної інфраструктури.

Ефективна реінтеграція ветеранів потребує узгодження норм трудового права і права соціального забезпечення. Особливе значення має розмежування: медичної реабілітації, професійної перекваліфікації, освітньої інтеграції [4].

Особа, яка втратила можливість працювати за попередньою спеціальністю, отримує ваучер на навчання для здобуття нової професії та поєднує освіту з частковою зайнятістю. Така практика виявляє прогалину правового регулювання — відсутність чітко визначеного механізму навчальної відпустки без втрати доходу. Освітні установи у цій системі виконують функцію провайдерів другої професійної соціалізації ветеранів.

Інноваційне трудове право розширює зміст безпечних умов праці, включаючи психологічну безпеку працівника. Реінтеграція ветеранів потребує правового закріплення механізмів підтримки в трудових колективах. До ефективних правових інструментів належать: наставництво «рівний-рівному», адаптація посадових інструкцій, гнучкий графік роботи, внутрішні протоколи травма-інформованого управління персоналом [6]. Юридично такі заходи можуть бути закріплені у колективному договорі як складова обов'язку роботодавця забезпечити безпечні та здорові умови праці.

Чинна модель квотування робочих місць демонструє обмежену ефективність через формальний характер її виконання [5]. Сучасна правова політика має ґрунтуватися на поєднанні обов'язку та економічного стимулу. Перспективними інструментами є: податкові стимули для роботодавців, компенсації витрат на адаптацію праці, співфінансування професійної підготовки, зниження соціального навантаження за працевлаштування ветеранів. Такий підхід відповідає європейській моделі активної зайнятості, сформованій у межах політики European Union щодо соціальної інтеграції та рівності у сфері праці [7].

Ефективна реінтеграція передбачає безперервність професійного зв'язку між роботодавцем і мобілізованим працівником. У цьому контексті формується новий правовий інститут керування поверненням до праці. Його зміст включає: юридично закріплену

комунікацію з працівником під час служби, підтримку професійної кваліфікації, планування індивідуальної траєкторії повернення, запобігання кваліфікаційному розриву [2]. Такі механізми можуть бути закріплені у локальних нормативних актах підприємства як додаткові соціальні гарантії.

Колективний договір виступає ключовим локальним інструментом правової інтеграції ветеранів. Доцільним є включення окремого розділу «Ветеранська політика», що може передбачати: додаткові дні оплачуваної відпустки, гнучкий графік для реабілітації, корпоративне наставництво, адаптовані умови праці, освітню підтримку та перекваліфікацію. Така модель забезпечує практичну реалізацію партнерства між державою, бізнесом та освітніми інституціями.

Колективний договір як «Мала конституція» підприємства. Практичне використання: включення до колективного договору розділу «Ветеранська політика». Приклад: по-перше надання додаткових 14 днів оплачуваної відпустки (понад встановлені законом); по-друге право на гнучкий графік для відвідування реабілітаційного центру; в третє призначення «корпоративного ментора» (найчастіше — іншого ветерана, який вже адаптувався), що юридично оформлюється як суміщення професій з відповідною доплатою.

Інклюзивна реінтеграція ветеранів у трудові колективи є індикатором здатності правової системи до адаптації та модернізації. Сучасна правова парадигма переходить від патерналістської моделі соціального захисту до моделі правової інтеграції через партнерство.

Ефективність реінтеграції забезпечується за умов: нормативного закріплення принципу розумного пристосування, синергії трудового права і соціального забезпечення, економічного стимулювання роботодавців, інституційної ролі освіти у професійній адаптації, розвитку локального нормотворення через колективні договори. Реінтеграція ветеранів постає не лише соціальною функцією держави, а стратегічним напрямом розвитку людського капіталу та правової державності.

Реінтеграція ветеранів — це тест на зрілість нашої правової системи. Ми повинні відмовитися від «радянського» патерналізму на користь партнерства: держава (гранти на перенавчання) + бізнес (робоче місце) + коледж (освітній трамплін).

Література

1. Convention on the Rights of Persons with Disabilities: General Comment No. 8 on the right to work and employment. United Nations, 2022. 28 p.

2. Трудове право України в умовах воєнного стану : науково-практичний коментар / за ред. О. М. Ярошенка. Київ : Юрінком Інтер, 2023. 528 с.

3. Про затвердження Порядку надання компенсації роботодавцям витрат за облаштування робочих місць для осіб з інвалідністю : постанова Кабінету Міністрів України від 22 серп. 2023 р. № 893.

4. Про затвердження Порядку професійної адаптації ветеранів війни : постанова Кабінету Міністрів України від 21 квіт. 2023 р. № 432. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-2023-%D0%BF>

5. Політика зайнятості ветеранів в Україні : аналітична доповідь. Київ : Український ветеранський фонд, 2024. 45 с.

6. Психосоціальна підтримка на робочому місці : рекомендації для роботодавців / Міністерство економіки України. Київ, 2023. 12 с.

7. Employment and Social Developments in Europe 2023. Luxembourg : European Commission, 2023. 184 p.

ПРОГНОЗНА АНАЛІТИКА (PREDICTIVE ANALYTICS) У СТРАТЕГІЧНОМУ АНАЛІЗІ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ

Данилова Л.А., Ткаченко І.В.

Харківський автомобільно-дорожній фаховий коледж

Сучасна парадигма аналізу господарської діяльності зазнає фундаментальних трансформацій під тиском тотальної цифровізації та глобальної геополітичної нестабільності [3]. Традиційна методологія аналізу, що десятиліттями базувалася на дескриптивному підході (вивченні звітності минулих періодів), у 2026 році демонструє критичне відставання від реальних потреб бізнесу. Статичні звіти «постфактум» більше не можуть служити надійним фундаментом для прийняття рішень, оскільки лаг між виникненням події та її відображенням у звітності стає фатальним для конкурентоспроможності.

Головним викликом для сучасного аналітика стає подолання інформаційної асиметрії та перехід від констатації фактів до обґрунтування імовірнісних сценаріїв. Прогнозна аналітика (Predictive Analytics) виступає як інтелектуальний міст між накопиченими історичними даними та стратегічним майбутнім підприємства [4].

Ключові чинники, що зумовлюють актуальність предиктивного підходу:

Ерозія стабільності: гіпердинамічність ринків та розриви ланцюгів постачання вимагають аналізу в режимі Real-Time. Життєвий цикл стратегії скоротився, що робить помилку в прогнозі критично дорогою.

Феномен Big Data: обсяг неструктурованої інформації (соціальні медіа, IoT-датчики, ринкові індекси) перевищує когнітивні можливості людини. Прогнозна аналітика дозволяє структурувати цей масив у придатні для аналізу патерни [2].

Зміна ролі фінансового аналітика: від «реєстратора минулого» до «архітектора майбутнього». Аналітик 2026 року повинен володіти інструментарієм моделювання, який дозволяє виявляти приховані кореляції між витратами та зовнішніми драйверами ринку.

Для переходу до прогнозного аналізу ефективним інструментом є алгоритм «Дерево рішень» (Decision Tree). Це логічна модель, яка дозволяє оцінити ймовірність різних сценаріїв розвитку подій та їхній фінансовий результат.

Впровадження прогнозних моделей у 2026 році демонструє високу ефективність у таких сферах [5]:

- Predictive Maintenance (Прогнозне обслуговування): аналіз витрат на ремонт. Замість планових ремонтів алгоритм аналізує дані з датчиків обладнання і передбачає поломку. Це знижує витрати на запчастини на 15-20%.

- Динамічне ціноутворення: предиктивні моделі в реальному часі аналізують еластичність попиту, дозволяючи автоматично коригувати ціни для максимізації маржинального доходу.

- Оптимізація складських запасів: алгоритми прогнозують піки попиту на основі зовнішніх трендів (соціальні мережі, погода), мінімізуючи витрати на зберігання неліквідної продукції.

Проведене дослідження підтверджує, що інтеграція прогнозної аналітики в контур стратегічного Аналіз господарської діяльності є невід'ємним елементом виживання підприємства в умовах цифрової економіки. Впровадження предиктивних інструментів дозволяє змінити саму філософію управління витратами та ресурсами [6].

Основні результати дослідження:

1. Конвергенція технологій та економіки: Поєднання математичних методів (дерева рішень, регресійний аналіз) з сучасними ВІ-платформами дозволяє автоматизувати

до 70% рутинних операцій. Це вивільняє ресурс аналітика для виконання високоінтелектуальних функцій — розробки стратегічних альтернатив.

2. Трансформація ризик-менеджменту: Прогнозна аналітика не усуває ризики повністю, проте вона переводить їх з площини «непередбачуваних форс-мажорів» у площину «керованих імовірностей». Це суттєво підвищує інвестиційну привабливість підприємства та його кредитні рейтинги.

3. Економічна стійкість (Resilience): Завдяки моделюванню сценаріїв «що, якщо» (What-if analysis), підприємство набуває здатності до швидкої адаптації. У 2026 році лідерство належить не тим компаніям, що мають найбільші активи, а тим, хто володіє найбільш точними алгоритмами передбачення ринкових змін.

4. Академічний виклик: Нова роль економіста-аналітика вимагає кардинального оновлення освітніх програм. Дисципліни «Економічний аналіз» та «Аналіз господарської діяльності» повинні бути доповнені модулями з Data Science та алгоритмічного моделювання, щоб готувати фахівців, здатних працювати в інтелектуальних середовищах майбутнього.

Підсумовуючи, можна стверджувати: прогнозна аналітика — це «цифровий зір» сучасного бізнесу, без якого стратегічне управління в умовах 2026 року стає неможливим.

Література

1. Герасименко О. М. Економічний аналіз : підручник. Київ : КНЕУ, 2023. 352 с.
2. Захаркін О. О., Бажкова А. С. Використання Big Data та прогновної аналітики в системі стратегічного управління підприємством. Економіка та суспільство. 2024. Вип. 58. URL: <https://economyandsociety.in.ua>
3. Ізмайлов Я. О. Аналіз господарської діяльності підприємства в умовах цифрової трансформації : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2025. 210 с.
4. Кіндрацька Г. І., Білик М. С., Загородній А. Г. Економічний аналіз : теорія і практика : підручник / за ред. А. Г. Загороднього. 4-те вид., перероб. і доп. Львів : Магнолія 2006, 2022. 440 с.
5. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: моделі прогновної аналітики : монографія. Київ : КНЕУ, 2024. 288 с.
6. Савицька Г. В. Аналіз господарської діяльності підприємства : підручник. 7-ме вид., стер. Київ : Знання, 2023. 668 с.
7. Тарасенко Н. В. Економічний аналіз : навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2024. 300 с.
8. Чумаченко М. Г. Економічний аналіз у стратегічному управлінні підприємством. Фінанси України. 2025. № 2. С. 45–58.

ОПЕРАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ЕЛЕМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ЙОГО СТРАТЕГІЧНОЇ ГНУЧКОСТІ

Левицький В.В. к.е.н., доцент

Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

У сучасних умовах глобальної нестабільності, технологічних змін, інфляції, логістичних збоїв та коливань попиту підприємства змушені швидко адаптуватися до кризових та форс-мажорних ситуацій. Відзначимо, що одним з ключових факторів, що визначає здатність підприємства до адаптації, є наявність ефективної операційної системи управління фінансовими показниками. Дана система не лише забезпечує поточний контроль за фінансовим станом, а й виступає критично важливим інструментом для забезпечення розвитку стратегічної гнучкості підприємства. Передусім це актуально для українських підприємств, що функціонують у складному економічному середовищі та посилюється військовими ризиками й нестабільністю фінансових ринків. В даних умовах стратегічна гнучкість діяльності підприємства залежатиме від якості фінансового моніторингу, швидкості аналізу даних та здатності оперативно управляти менеджментом підприємства операційною системою управління фінансовими показниками.

Варто зазначити, що дослідження проблематики стратегічної гнучкості та адаптивності підприємства на основі ефективності операційної системи фінансового управління активно висвітлюється багатьма дослідниками. Зокрема, у працях [1-3] розглядається роль операційних фінансових систем в стратегічному управлінні підприємствами в умовах динамічних змін. Автори підкреслюють, що здатність підприємства швидко адаптуватись до постійних змін ринкової ситуації та залежить від якості системи збору та аналізу фінансових даних.

У дослідженнях Брінь П. В., Черпак А. Ю. йдеться про інструменти фінансового моніторингу, що дозволяють в режимі реального часу отримувати аналітичну інформацію для ухвалення стратегічних рішень [1]. Буряк О. В. звертає особливу увагу на апробації закордонних фінансових моделей до умов українського ринку, зокрема з урахуванням обмеженості фінансових ресурсів та високої невизначеності [2]. Усі дані дослідження підкреслюють зростаюче значення фінансових управлінських систем як основи забезпечення стратегічної гнучкості підприємства та адаптації її параметрів до операційної системи управління фінансовими показниками підприємства

Відзначимо, що у складному та динамічному середовищі ключовим фактором ефективного стратегічного управління є здатність підприємства до швидкої адаптації. Така здатність базується на системній та достовірній фінансовій інформації, яку забезпечує операційна система управління фінансовими показниками. Дана система виконує не лише контрольну функцію, але й виступає стратегічним аналітичним інструментом.

На нашу думку, варто запропонувати наступні елементи операційної фінансової системи показників забезпечення стратегічної гнучкості підприємства, що включатиме три головні компоненти:

- автоматизований збір та обробку фінансових даних: забезпечує оперативність й точність інформації;
- аналітичні панелі: візуалізують ключові фінансові показники та їх вплив на стратегічні цілі;
- інструменти для прогнозування та сценарного планування: дозволяють моделювати особливості розвитку підприємства на його стратегічну гнучкість.

Отримані результати впровадження такої системи свідчать про підвищення стратегічної гнучкості: підприємства швидше реагують на зміни, ефективніше розподіляють ресурси, скорочують ризики та покращують фінансову стійкість.

У результаті проведеного дослідження нами з'ясовано, що операційна система управління фінансовими показниками відіграє особливе значення у забезпеченні стратегічної гнучкості підприємства. Вона виступає не лише як засіб фінансового контролю, а й як ключовий елемент стратегічного управління, що дозволяє підприємству своєчасно оцінювати фінансовий стан, прогнозувати ризики, чітко розуміти та стратегічно прогнозувати параметри за форс-мажорних ситуацій. Вищезазначені складові операційної системи управління фінансовими показниками, доводять їх суттєвий вплив на формування оптимальної стратегічної гнучкості підприємства та її застосування при настанні загрозованої ситуації для його розвитку. Реалізовані дослідження доводять, що сучасні підприємства мають поєднувати три взаємопов'язані підходи: стратегічну гнучкість, розвиток динамічних здібностей та впровадження операційних механізмів управління фінансовими показниками на основі реальних опціонів [3].

Запропонована нами операційна система фінансового управління та її складові дозволяють реалізувати дані підходи на практиці, сприяючи ефективному аналізу ресурсів, гнучкому перерозподілу фінансових потоків й коригуванню стратегій відповідно до змін у зовнішньому середовищі. Концептуальна модель даної системи передбачає оцінювання ключових фінансових показників за критеріями стійкості, оперативності та відповідності стратегічним цілям підприємства. Її основною функцією є інтеграція фінансових даних у процес стратегічного планування через цифрові інструменти – прогнозні модулі та аналітичні панелі. Це дозволяє не лише здійснювати оперативний моніторинг, а й своєчасно оновлювати стратегічні орієнтири підприємства. Ураховуючи гнучкий і масштабований характер розробленої операційної системи, вона може бути ефективно використана на великих підприємствах, так і малим та середнім бізнесом [4].

Отже, операційна система управління фінансовими показниками як елемент забезпечення розвитку його стратегічної гнучкості в перспективі має сприяти формуванню оптимального комплексу цифрових рішень для автоматичного аналізу та візуалізації фінансових показників у режимі реального часу, а також у розробці інструментів, що забезпечуватимуть глибоку інтеграцію фінансового управління з іншими компонентами стратегічного менеджменту. Доцільно також її впроваджувати через трансформацію операційної фінансової системи та її впливу на довгострокову фінансову стійкість й конкурентоспроможність підприємства. Крім того, особливу увагу варто приділити поєднанню даної системи з класичними інструментами стратегічного аналізу (SWOT, PEST, BSC), що дозволить створити цілісну адаптивну модель стратегічної гнучкості управління, орієнтовану на інновації, гнучкість та стійкий розвиток.

Література

1. Брінь П. В., Черпак А. Ю. Управління антикризовою діяльністю підприємства. Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Актуальні проблеми розвитку українського суспільства. 2013. Т. 69. С. 92-98.
2. Буряк О. В. Інвестиційна діяльність у контексті фінансової стратегії підприємства. Бізнес Інформ, 2022. № 4. С. 78–84.
3. Левицький В. В. Операційний менеджмент : конспект лекцій. Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, факультет економіки та управління, кафедра менеджменту та адміністрування. Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2022. 110 с.
4. Левицький В.В. Дослідження основних елементів формування стратегічного забезпечення економічної стійкості в системі операційного менеджменту підприємства. Економіка та суспільство. 2023. № 49. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-49-36>

ЛОКАЛІЗАЦІЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В ДІЯЛЬНОСТІ УНІВЕРСИТЕТУ: ОСВІТНІЙ, СОЦІАЛЬНИЙ ТА ПАРТНЕРСЬКИЙ ВИМІРИ

Хіміч Р. В., Касаткіна М. В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Цілі сталого розвитку є рамкою узгодження економічного зростання, соціальної справедливості, екологічної безпеки та інституційної спроможності. Порядок денний до 2030 року визначає 17 цілей і 169 завдань, реалізація яких передбачає участь держав, бізнесу, громад, освітніх і наукових інституцій [1]. Для університету ця рамка має прикладний характер, оскільки заклад вищої освіти не лише поширює знання про сталий розвиток, а й сам виступає організацією, що споживає ресурси, формує цінності, продукує дослідження, взаємодіє з роботодавцями та впливає на розвиток громади.

Актуальність дослідження зумовлена потребою переведення ЦСР із рівня загальних орієнтирів у площину конкретних університетських практик. Локалізація ЦСР охоплює зміст освітніх програм, організацію безпечного й інклюзивного середовища, управління ресурсами, академічну доброчесність, студентські ініціативи, наукові проекти та партнерство з підприємствами, органами влади, громадськими й міжнародними організаціями.

Метою дослідження є обґрунтування напрямів локалізації Цілей сталого розвитку в діяльності університету через визначення їх дотичності до освітнього, соціального, ресурсно-екологічного та партнерського вимірів функціонування закладу вищої освіти.

Теоретичну основу дослідження становлять міжнародні документи та наукові праці, у яких університети розглядаються як учасники реалізації сталого розвитку. У Порядку денному до 2030 року ЦСР подано як взаємопов'язану систему завдань, що поєднує економічні, соціальні, екологічні та інституційні пріоритети [1]. UNESCO трактує освіту для сталого розвитку як процес формування знань, компетентностей, цінностей і поведінкових моделей, необхідних для відповідального прийняття рішень [2]. У посібнику Sustainable Development Solutions Network університети визначаються як інституції, здатні інтегрувати ЦСР у навчання, дослідження, управління кампусом і партнерську взаємодію [3].

У вітчизняній науковій літературі проблема сталого розвитку закладів вищої освіти розглядається через управлінські, комунікаційні, ресурсні та інституційні аспекти. О. Ляшенко акцентує увагу на локальних інформаційно-комунікативних аспектах сталого розвитку ЗВО, що підтверджує важливість узгодження цілей розвитку університету з його внутрішніми та зовнішніми комунікаціями [4]. Н. Холявко, А. Самойлович та І. Олифіренко систематизують підходи до модернізації університетів на основі концепції сталого розвитку, виокремлюючи інституціональний, матеріально-екологічний, процесний, стейкхолдерський і структурно-функціональний підходи [5]. Отже, наукове підґрунтя для аналізу сформовано, однак потребує подальшого узагальнення саме в контексті локалізації ЦСР у системі університетських дій.

Локалізацію ЦСР в діяльності університету доцільно розглядати не як механічне співвіднесення окремих ЦСР із напрямками роботи закладу вищої освіти, а як формування системи управлінських, освітніх, соціальних і партнерських дій (табл. 1). Університет у цьому контексті виступає не лише провідником ідей сталого розвитку, а й організацією, яка здатна практично реалізовувати відповідні принципи у власному середовищі.

Наведена систематизація показує, що внесок університету в досягнення ЦСР формується на перетині внутрішніх і зовнішніх функцій. Внутрішній рівень охоплює зміст освіти, якість організаційного середовища, управління ресурсами та культуру взаємодії між учасниками освітнього процесу. Зовнішній рівень пов'язаний із впливом університету на

підприємства, громади, ринок праці та інституційне середовище через підготовку фахівців, дослідницьку діяльність, партнерські проекти й експертну підтримку.

Таблиця 1. Локалізацію ЦСР в діяльності університету

Вимір локалізації ЦСР	Дотичні ЦСР	Напрями реалізації в діяльності університету	Очікуваний результат
Освітній	4, 8, 9, 12, 13	Оновлення змісту освітніх програм; включення тем сталого розвитку до навчальних дисциплін; аналіз ESG-практик, ресурсоефективності, соціальної відповідальності та інноваційного розвитку; виконання студентських дослідницьких проєктів	Формування компетентностей сталого розвитку, критичного мислення та здатності оцінювати соціально-економічні й екологічні наслідки управлінських рішень
Соціальний	1, 3, 5, 10, 16	Забезпечення доступності освіти; розвиток інклюзивного середовища; психологічна підтримка; прозорі процедури оцінювання; дотримання академічної доброчесності; формування культури поваги й недискримінації	Підвищення якості освітнього середовища, посилення соціальної згуртованості, зниження бар'єрів для участі здобувачів і працівників в університетському житті
Ресурсно-екологічний	6, 7, 12, 13, 15	Енергоощадність; моніторинг споживання енергії та води; цифровізація документообігу; сортування відходів; озеленення території; формування культури відповідального споживання	Скорочення нераціонального використання ресурсів, зменшення операційних витрат, підвищення екологічної відповідальності університетської спільноти
Партнерський	8, 9, 11, 17	Співпраця з підприємствами, громадами, органами влади, громадськими та міжнародними організаціями; дуальна освіта; стажування; спільні дослідження; експертна підтримка підприємств і громад	Посилення практичної спрямованості освіти, розвиток інноваційної взаємодії, розширення внеску університету в соціально-економічний розвиток територій

Особливість локалізації ЦСР у діяльності університету полягає в тому, що одна й та сама дія може одночасно відповідати кільком цілям. Наприклад, цифровізація освітнього процесу сприяє підвищенню доступності освіти, скороченню паперового документообігу, розвитку цифрових компетентностей і підвищенню ефективності управлінських процедур. Співпраця з підприємствами забезпечує не лише практичну підготовку студентів, а й поширення принципів відповідального управління, інноваційності та ресурсоефективності в бізнес-середовищі. Отже, найбільш результативною є не фрагментарна реалізація окремих заходів, а побудова цілісної моделі університету, у якій ЦСР виступають критерієм якості освітніх, соціальних, ресурсних і партнерських рішень.

Локалізація ЦСР у діяльності університету є умовою перетворення глобального порядку денного на конкретні освітні, соціальні, ресурсно-екологічні та партнерські практики. Проведене дослідження дозволило визначити чотири базові виміри такої локалізації: освітній, що забезпечує формування компетентностей сталого розвитку; соціальний, спрямований на підтримку рівності, безпеки, інклюзії та доброчесності; ресурсно-екологічний, пов'язаний з раціональним використанням ресурсів; партнерський, орієнтований на взаємодію університету із зовнішніми стейкхолдерами. Науково-практичне значення запропонованого підходу полягає у можливості використання ЦСР як аналітичної рамки для оцінювання діяльності університету та визначення напрямів його розвитку.

Література

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development : Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015 A/RES/70/1. United Nations. 2015. URL: <https://sdgs.un.org/2030agenda>
2. Education for Sustainable Development: A Roadmap. Paris : UNESCO, 2020. 66 p. DOI: <https://doi.org/10.54675/YFRE1448>
3. Accelerating Education for the SDGs in Universities: A guide for universities, colleges, and tertiary and higher education institutions. New York : Sustainable Development Solutions Network, 2020. URL: <https://www.unsdsn.org/resources/accelerating-education-for-the-sdgs-in-universities-a-guide-for-universities-colleges-and-tertiary-and-higher-education-institutions/>
4. Ляшенко О. М. Сталий розвиток закладів вищої освіти: локальні інформаційно-комунікативні аспекти. Вчені записки Університету «КРОК». 2020. № 2(58). С. 97–102. DOI: <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2020-58-97-102>
5. Холявко Н. І., Самойлович А. Г., Олифіренко І. С. Теоретичні засади та підходи до модернізації закладів вищої освіти на базі концепції сталого розвитку. Проблеми економіки. 2023. № 3. С. 119–127. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-119-127>

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Ольшанський О.В., д.н. з держ. управл., проф., Маслош О. В., к.х.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасні трансформаційні процеси в економіці України, посилення воєнних, техногенних та кібернетичних ризиків актуалізують проблему забезпечення стійкості підприємств критичної інфраструктури. Особливої ваги ця проблема набуває для високотехнологічних підприємств, діяльність яких пов'язана із функціонуванням енергетики, транспорту, систем електропостачання та інших базових секторів економіки.

Високотехнологічні підприємства виступають не лише суб'єктами господарювання, а й елементами критичної інфраструктури, від стабільності роботи яких залежить безперервність функціонування цілих галузей. У таких умовах традиційні підходи до управління підприємствами є недостатніми, що зумовлює необхідність формування нових організаційно-економічних механізмів забезпечення стійкості.

Метою дослідження є обґрунтування організаційно-економічних підходів до забезпечення стійкості високотехнологічних підприємств критичної інфраструктури в умовах зростання зовнішніх та внутрішніх ризиків.

Теоретичні засади дослідження базуються на поєднанні концепцій економічної стійкості, управління ризиками, інноваційного розвитку та теорії складних систем. У сучасних умовах стійкість підприємства розглядається як інтегрована характеристика, що відображає здатність підтримувати стабільність функціонування, адаптуватися до змін та відновлюватися після впливу дестабілізуючих факторів [1].

Для підприємств критичної інфраструктури ця категорія набуває ширшого змісту, оскільки включає не лише економічну ефективність, а й надійність технологічних процесів, безпеку функціонування та здатність забезпечувати безперервність життєво важливих послуг. Відповідно до сучасних міжнародних підходів, стійкість розглядається як багатовимірна система, що охоплює економічні, технологічні, інституційні та соціальні компоненти розвитку.

Важливим напрямом забезпечення стійкості є цифровізація виробничих та управлінських процесів. Використання автоматизованих систем управління, інтернету речей та аналітики даних дозволяє підвищити оперативність прийняття управлінських рішень, забезпечити моніторинг критичних процесів і зменшити вплив інформаційної асиметрії. Для високотехнологічних підприємств це стає одним із ключових факторів забезпечення безперервності функціонування.

Організаційно-економічні підходи до забезпечення стійкості доцільно розглядати як систему взаємопов'язаних механізмів, що охоплюють стратегічний, тактичний та операційний рівні управління. На стратегічному рівні визначаються довгострокові орієнтири розвитку підприємства з урахуванням ризиків функціонування критичної інфраструктури. Тактичний рівень спрямований на формування адаптивних управлінських рішень, а операційний — на підтримку стабільності функціонування технологічних систем і систем безпеки.

Ключовим елементом забезпечення стійкості є інтеграція системи управління ризиками у загальну модель функціонування підприємства. В умовах зростання техногенних і кібернетичних загроз управління ризиками повинно базуватися на постійному моніторингу, прогнозуванні та моделюванні можливих сценаріїв розвитку подій. Це дозволяє своєчасно виявляти критичні точки та мінімізувати негативні наслідки їх реалізації.

Не менш важливим чинником є розвиток інноваційного потенціалу підприємства. Інновації забезпечують не лише підвищення ефективності використання ресурсів, а й формують здатність підприємства адаптуватися до динамічних змін зовнішнього середовища [2]. У цьому контексті особливого значення набуває співпраця підприємств із науковими установами та участь у галузевих інноваційних мережах.

Узагальнюючи, доцільно виокремити основні складові забезпечення стійкості високотехнологічного підприємства: організаційну, економічну, технологічну, інформаційну та кадрову. Їх синергія формує комплексну систему стійкості, здатну забезпечити адаптивність, безперервність функціонування та відновлення підприємства в умовах сучасних викликів.

Отже, забезпечення стійкості високотехнологічних підприємств критичної інфраструктури потребує інтеграції організаційних, економічних, технологічних та інноваційних підходів. Запропоновані підходи створюють передумови для формування адаптивних виробничих систем, підвищення конкурентоспроможності підприємств та забезпечення стабільності функціонування критично важливих галузей економіки.

Література

1. OECD. Building resilient infrastructure systems. Paris: OECD Publishing, 2020. URL: https://www.oecd.org/en/publications/building-resilience_354aa2aa-en.html
2. World Bank. Resilient infrastructure for sustainable development. Washington, DC: World Bank, 2019. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/479987becd8d-5d84-ad31-8bea9198af1e>
3. Makedon V., Drobyazko S., Shevtsova H., Maslosh O., Kasatkina M. Providing security for the development of high-technology organizations. Journal of Security and Sustainability Issues. 2019. Vol. 8, No. 4. P. 759–774. DOI: [https://doi.org/10.9770/jssi.2019.8.4\(18\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2019.8.4(18))

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ ТА ІННОВАЦІЙНО-ІНФРАСТРУКТУРНИЙ РОЗВИТОК ТЕРИТОРІЙ В УМОВАХ ПОСТКРИЗОВОГО ВІДНОВЛЕННЯ: СТРАТЕГІЧНИЙ І РЕСУРСНИЙ АСПЕКТИ

Филик А.І, Бойченко О.В., аспіранти спеціальності менеджмент
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Посткризове відновлення територій, особливо в умовах повоєнної відбудови України, безпосередньо залежить від здатності логістичних систем функціонувати в умовах високої невизначеності. Відповідно до звіту Світового банку (2024), прямі збитки транспортній та логістичній інфраструктурі України перевищили 36 млрд дол. США, а понад 25% складських приміщень на сході та півдні країни зруйновано або пошкоджено [1]. У цих умовах управління ризиками в логістичних системах набуває не лише галузевого, а й територіального виміру, оскільки порушення ланцюгів постачання безпосередньо гальмує реалізацію проєктів інноваційно-інфраструктурного розвитку.

Інноваційно-інфраструктурний розвиток територій передбачає створення індустріальних парків, логістичних хабів, транскордонних коридорів, а також впровадження цифрових платформ управління ресурсами. Реалізація таких проєктів в умовах посткризового відновлення стикається з класичними логістичними ризиками: порушення графіків постачання будівельних матеріалів, втрата вантажів через бойові дії, блокування морських портів, кібератаки на системи відстеження вантажів, а також дефіцит кваліфікованих кадрів для роботи з новітнім обладнанням. Наприклад, Росія атакувала залізничну інфраструктуру України майже 1200 разів у 2025 році, що більше, ніж у 2024 та 2023 роках разом узятих. Майже 17300 об'єктів залізничної інфраструктури та одиниць рухомого складу постраждали з початку повномасштабної війни, зокрема 7300 пошкоджено та 9900 зруйновано. У 2025 році та першому кварталі 2026 року російські удари пошкодили 209 локомотивів, 239 пасажирських вагонів та 371 вантажний вагон, а також 86 залізничних мостів та 50 станцій [2].

Стратегічний аспект поєднання двох досліджуваних сфер полягає у формуванні територіально-логістичних кластерів, де інноваційна інфраструктура (автоматизовані склади, smart-термінали, дрони для моніторингу маршрутів) одночасно виступає як об'єкт відновлення, так і інструмент мінімізації ризиків. Впровадження платформи WaterWayfinder для координації гуманітарної логістики в Херсонській та Запорізькій областях (2025–2026 рр.) дозволило скоротити час доставки вантажів до 32% та зменшити витрати пального на 22% завдяки оптимізації маршрутів на основі штучного інтелекту [3].

Ресурсний аспект розкривається через необхідність перерозподілу фінансових, матеріальних та людських ресурсів між оперативним реагуванням на логістичні збої та довгостроковими інвестиціями в інфраструктурну модернізацію. Згідно з аналізом KSE Institute, збитки транспортного сектору досягли \$60,2 млрд, а додаткові витрати на розмінування, оренду житла для переміщених працівників та демонтаж зруйнованих об'єктів сукупно перевищують \$64 млрд. Це свідчить про те, що логістичні підприємства змушені спрямовувати значну частку операційного бюджету на компенсацію воєнних ризиків, що різко зменшує ресурс для інноваційного оновлення [4]. Подолання цього протиріччя можливе через механізми державно-приватного партнерства, зокрема субсидування страхування логістичних ризиків та створення фондів резервної інфраструктури, як це передбачено Ukraine Plan для періоду 2026–2027 років.

Підсумовуючи, синергія управління ризиками в логістичних системах та інноваційно-інфраструктурного розвитку територій є обов'язковою умовою ефективного посткризового відновлення. Першочерговими завданнями є створення регіональних центрів моніторингу

логістичних ризиків, а також впровадження галузевих стандартів стійкості ланцюгів постачання, що враховують воєнні, кліматичні та кібернетичні загрози.

Література

1. The World Bank has increased the amount needed for Ukraine's recovery. URL: <https://babel.ua/en/news/115727-the-world-bank-has-increased-the-amount-needed-for-ukraine-s-recovery>

2. Росія атакувала українську залізничну інфраструктуру понад 1000 разів у 2025 році, повідомляє Укрзалізниця. The KYIV INDEPENDENT. URL: <https://kyivindependent.com./russia-attacks-ukrainian-railway-infrastructure-more-than-1-000-times-in-2025-ukrzaliznytsia-says/>

3. Dumanska I., Pavlova O., Rabcan J., Melnyk A., Kharun O. Financial Risk and Customs Control in Humanitarian Water Logistics: A Machine Learning Approach. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 4163, 2026, p. 182-191. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4163/paper16.pdf>

4. Losses of Ukraine's economy estimated at \$1.7 trillion in lost revenue by end-2026 — KSE Institute. URL: <https://kse.ua/about-the-school/news/losses-of-ukraine-s-economy-estimated-at-1-7-trillion-in-lost-revenue-by-end-2026-kse-institute/>

**ВПЛИВ ТРУДОРЕСУРСНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ
МАРКЕТИНГОВИХ ІННОВАЦІЙ: УЗГОДЖЕННЯ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ,
ФІНАНСОВОГО МОНІТОРИНГУ ТА РИНКОВИХ СТРАТЕГІЙ ПІДПРИЄМСТВА**

Фаталов М.Г., Коваленко Є.О., Рябченко В.О., аспіранти спеціальності менеджмент
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

В умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення економіки України підприємства стикаються з безпрецедентними викликами, пов'язаними з трудовими ресурсами. За даними Державної служби статистики, середньооблікова чисельність штатних працівників в Україні скоротилася з 7 млн осіб у 2021 році до 5,3 млн у вересні 2025-го [1]. Це скорочення, спричинене поєднанням природних демографічних процесів, військової мобілізації та трудової міграції, створило структурний дефіцит кадрів, який є найбільшою перешкодою для розвитку бізнесу в 2026 році. За результатами опитувань, 74% підприємств відчувають значну нестачу кваліфікованих кадрів, а 60% респондентів назвали її головною проблемою своєї діяльності [1].

Метою дослідження є визначення характеру впливу масштабної трудової трансформації на ефективність маркетингових інновацій та обґрунтування необхідності формування інтегрованої системи узгодження кадрової політики, фінансового моніторингу та ринкових стратегій підприємства. Об'єктом дослідження виступають виробничі підприємства України, що впроваджують інноваційні маркетингові рішення в умовах критичного скорочення трудових ресурсів. Методологічною основою роботи є системний підхід до аналізу взаємозв'язку між ефективністю інновацій, продуктивністю використання трудового капіталу та фінансовими результатами.

Трансформація структури трудових ресурсів безпосередньо впливає на здатність підприємств до впровадження маркетингових інновацій. Найбільш критичним є дефіцит фахівців із цифрового маркетингу, дослідження ринку та управління інноваційними проєктами. Як наслідок, зростає вартість залучення та утримання таких спеціалістів, що в умовах обмежених фінансових ресурсів призводить до зменшення частки інвестицій у розвиток маркетингових інновацій на користь операційного закриття критичних вакансій. За даними Європейської Бізнес Асоціації, 96% підприємств у 2025 році були змушені підвищувати заробітні плати, причому 46% опитаних зазначили, що виїзд молодих фахівців безпосередньо вплинув на їхню HR-стратегію та операційну діяльність [2]. Це створює

замкнене коло: зростання витрат на персонал зменшує ресурси на маркетингові інновації, що веде до погіршення ринкових позицій, а це, у свою чергу, ускладнює залучення та утримання висококваліфікованого персоналу в майбутньому.

Для подолання цього дисбалансу необхідне системне узгодження кадрової політики, фінансового моніторингу та маркетингової стратегії. Аналіз сучасних практик свідчить про фрагментарність такого підходу. Зокрема, за результатами дослідження 65 вітчизняних підприємств, частка автоматизованих HR-процесів не перевищує 25%, а технологізація управління персоналом носить фрагментарний характер [3]. На практиці це означає низьку ефективність процесів підбору, адаптації та оцінки персоналу, що є критичним в умовах дефіциту кадрів. Ефективність маркетингових інновацій залежить не лише від наявності кваліфікованого персоналу, але й від здатності підприємства до швидкої адаптації ринкових стратегій відповідно до змін внутрішнього середовища. Наприклад, фінансовий моніторинг може використовуватись не лише як контрольний інструмент, але й як основа для прийняття маркетингових рішень: оцінка рентабельності клієнтських сегментів, аналіз ефективності маркетингових каналів, прогнозування грошових потоків від інноваційних продуктів. Однак на практиці ці функції часто залишаються роз'єднаними.

Пропонується запровадження інтегрованої системи, яка базується на трьох ключових взаємопов'язаних компонентах. Перший — це створення єдиного інформаційного середовища для HR-департаменту, фінансового блоку та відділу маркетингу, що дозволить оперативно оцінювати прогалини в компетенціях та моделювати фінансові сценарії реалізації інноваційних проєктів. Впровадження такого середовища дозволяє оптимізувати клієнтський шлях, знизити репутаційні ризики та підвищити якість ідентифікаційних процедур. Другий — це перехід до ризик-орієнтованого підходу у фінансовому моніторингу, де фінансові ризики оцінюються не ізольовано, а в контексті стратегічних цілей маркетингу. Третій компонент — розробка гнучкої кадрової політики, що передбачає пріоритетне інвестування у підвищення кваліфікації існуючого персоналу в сфері цифрових інструментів маркетингу та аналітики. Для підприємств в умовах війни така стратегія включає інтеграцію маркетингових підходів у систему управління персоналом, що сприяє формуванню привабливого бренду роботодавця.

Практична значущість дослідження полягає у тому, що синхронізація цих трьох функцій дозволяє нівелювати негативний вплив трудової трансформації на маркетингові інновації. Узгодження кадрової політики, фінансового моніторингу та ринкових стратегій є необхідною умовою збереження конкурентоспроможності в умовах, коли ринок праці України продовжує залишатися вкрай нестабільним. Без створення такої системи підприємства ризикують потрапити в пастку, де будь-які інвестиції в інновації будуть неефективними через структурну несумісність із реальними кадровими та фінансовими можливостями. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку конкретних методик оцінки ефективності такої інтеграції, а також на вивчення галузевої специфіки.

Література

1. Григоренко Ю. Проблема без розв'язання: дефіцит кадрів став головною проблемою українського бізнесу. URL: <https://gmcenter.ua/posts/problema-bez-rozviazannia-defitsyt-kadriv-stav-holovnoiu-problemoiu-ukrainskoho-biznesu/>
2. «Брак кадрів відчувають усі». Бізнес розповів, що відбувається на ринку праці - що буде із зарплатами. URL: <https://biz.nv.ua/ukr/sviy-biznes/rinok-praci-ukrajini-2025-deficit-kadriv-pidvishchennya-zarplat-i-plani-biznesu-50562530.html>.
3. Кондратюк, І. Автоматизація та технологізація hr-процесів на підприємствах як драйвер сучасного розвитку. Економіка та суспільство. 2024. (61). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-91>

ECONOMIC ANALYSIS AND OPTIMIZATION PATHWAYS FOR THE TRANSFORMATION OF TRADITIONAL REFUELING STATIONS INTO CHARGING STATIONS

Хе Ке, аспірант 3 курсу

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Driven by China's "dual carbon" goals, the explosive growth of new energy vehicle (NEV) ownership and the subsequent decline in traditional fuel consumption necessitate the transformation of traditional refueling stations. Let us consider in more detail the economic feasibility and strategic pathways of such a transition based on the empirical data of company "L". The study argues that this shift is not an option but a necessity for industry survival. Traditional operators possess inherent advantages for this transition, including an extensive station network, strong brand trust, mature management systems, and solid financial strength, which can lower entry barriers and enable rapid market penetration.

The core of the analysis is a comparative evaluation of three primary transformation models. The first and most recommended is the In-station Retrofit Model, which involves installing charging piles within existing station premises. Its key advantage is zero land cost, and it leverages existing traffic flow. With an average daily charge of 165 kWh per pile, this model demonstrates strong profitability and the shortest investment payback period of 3-5 years, representing the lowest-risk and most economically optimal path. The second is the Off-site Leased Land Model, which entails building new stations on leased land. This model faces high fixed costs from rent and fierce location competition, often resulting in low utilization (<100 kWh/pile/day), a payback period exceeding 8 years, and high investment risk, making it unsuitable for large-scale replication. The third is the Dedicated Heavy-Truck Charging Model for logistics hubs. It requires high investment in high-power equipment but can achieve a moderate 4-6 year payback period if secured with long-term contracts guaranteeing high utilization (>300 kWh/pile). However, it carries a severe risk of asset idling without a bound major client.

Despite the clear advantages of the retrofit model, the transformation process faces significant challenges. Grid capacity and approval constraints are primary obstacles, with saturated grids in older areas leading to high upgrade costs and lengthy approval cycles. Intense market competition from established charging operators and operational issues like equipment failures and space occupation by non-EVs hurt profitability and user experience. Furthermore, funding mismatches can occur, particularly for asset-light models like financial leasing, where shorter lease terms may clash with longer project payback periods, creating cash flow pressure.

To address these challenges, we suggest employing a multi-vector optimization strategy.

Strategically, enterprises should prioritize retrofitting owned stations and explore asset-light expansion models like financial leasing to reduce upfront capital pressure.

Technologically, forming partnerships with grid companies, deploying flexible charging or integrated energy storage systems, and implementing intelligent O&M platforms are crucial to address capacity bottlenecks and improve reliability.

Commercially, moving beyond reliance on charging service fees is essential. Building a "Charging-Plus" ecosystem that develops value-added services and leverages data for new revenue streams is key to enhancing profitability. Finally, actively seeking government subsidies and advocating for industry-wide standardization of charging interfaces are important supportive measures. In conclusion, the in-station retrofit model is the most viable transformation pathway. For long-term success, traditional energy enterprises must evolve into comprehensive energy service providers by combining asset retrofitting, smart operations, and ecosystem-based value-added services.

СИНЕРГІЯ ШІ-ТЕХНОЛОГІЙ І ДІДЖИТАЛІЗОВАНИХ КОМУНІКАЦІЙ У ФОРМУВАННІ ГНУЧКИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР: ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ, МОНІТОРИНГ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЛЮДСЬКИЙ НАГЛЯД ЗА АВТОМАТИЗОВАНИМИ РІШЕННЯМИ

Пасько С.М., Веремійчук К.О., Висоцький О.А., аспіранти спеціальності менеджмент
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Стрімке поширення систем штучного інтелекту (ШІ) у корпоративному середовищі формує новий тип організацій — так звані агентні організації (Agentic Organizations), де люди та інтелектуальні агенти спільно створюють цінність і приймають рішення. Такі структури зберігають принципи гнучкості — швидку ітерацію, командну роботу та зворотний зв'язок — але потребують переосмислення механізмів комунікації, моніторингу та управління. Водночас, згідно з даними NBER, на листопад 2025 – січень 2026 року лише 18% фірм використовували ШІ хоча б в одній функції (32% з поправкою на зайнятість), а через півроку очікувалося зростання до 22%, що свідчить про перебування більшості організацій на початковому етапі трансформації [1]. На цьому тлі залишаються нерозв'язаними три ключові проблеми: уповільнений зворотний зв'язок, обмежена ефективність моніторингу та ризик церемоніального людського нагляду в умовах високої автономії систем ШІ.

Традиційні організаційні комунікації ґрунтуються на періодичних ретроспективах і щотижневих звітах, що створює розрив між виникненням проблеми та реакцією на неї. Сучасні дослідження показують, що інтеграція ШІ в комунікаційні платформи (Slack, Microsoft Teams) дає змогу стискати зворотний зв'язок до стану постійно доступного сигналу. В експериментах Sprime з AI-native командами виявлено, що виявлення блокувань у середині спринту скорочує цикл на 18%, а безперервний зворотний зв'язок зменшує переробку на 22% порівняно з двотижневим зворотним зв'язком [2]. При цьому великі мовні моделі (LLMs) здатні аналізувати комунікаційні канали (Slack, коментарі в Jira) для виявлення вагань, дублювання питань та ознак професійного вигорання через аналіз тональності. Ключовим ефектом є перехід від перервного навчання (reflection in bursts) до навчання в потоці (reflection in flow), коли система безперервно інтерпретує кожне повідомлення, зустріч та напрям діяльності як сигнал про стан організації.

Паралельно спостерігається зміна підходів до моніторингу ефективності. Якщо традиційні KPI та OKR залишаються важливими, то ШІ дає змогу перейти від дискретної оцінки до безперервного аналізу даних активності. Дослідження KPMG, проведене на 10 000 співробітників консалтингового підрозділу в США, показало, що регулярні користувачі ШІ демонструють вищу якість роботи, менший рівень стресу та більше часу приділяють стратегічним завданням [3]. Компанія впровадила внутрішню панель моніторингу використання ШІ, яка дозволяє співробітникам порівнювати свою активність із цільовими показниками та колегами, при цьому понад 90% працівників уже використовують ШІ-інструменти на щотижневій основі. Кейс Nilkamal (понад 6000 співробітників) демонструє, що впровадження AI-платформи для збору зворотного зв'язку дало змогу досягти 89,7% рівня відповідей на фідбек-ініціативи, підвищити загальний показник залученості до 86 балів зі 100 та сформувавши проактивний підхід до виявлення потреб у навчанні безпосередньо з коментарів працівників [4]. При цьому важливо підкреслити, що сам по собі моніторинг не є самодостатнім: дослідження в Asstra (120 менеджерів у банківському, телекомунікаційному та технологічному секторах) підтвердило, що ШІ-інструменти сприяють прозорості та об'єктивності оцінки, але потребують доповнення людським наглядом та етичними рамками [5].

Найбільш парадоксальна проблема виникає в системах "людина в контурі" (Human-in-the-Loop — HITL), коли високоточний ШІ призводить до зниження пильності оператора. Відповідно до теоретично обґрунтованої експериментальної схеми дослідження, представленої в роботі "The Paradox of Perfection", надійна робота ШІ протягом тривалого часу переводить оператора з аналітичного (система 2) на евристичне (система 1) мислення, що істотно погіршує здатність виявляти помилки під час одиничних відмов системи [6]. Це явище отримало назву "автоматизаційна самовпевненість" (automation complacency) і становить серйозний ризик у високоставкових доменах (фінансовий комплаєнс, охорона здоров'я, найм). Вирішення цього парадоксу потребує переходу від статичного HITL до динамічної моделі контролю з механізмами "штучного тертя" (artificial friction) та перерозподілом підзвітності від операторів до системних архітекторів. Як зазначають у звіті ET Edge Insights [7] з посиланням на дослідження McKinsey, 53% керівників не мають розуміння про те, як приймаються автоматизовані рішення всередині їхніх організацій, а більшість покладаються не на доказову підзвітність, а на запевнення постачальників. Ефективна модель управління, як показано в дослідженні, має будуватися на розподіленій підзвітності між трьома рівнями: людському (інтенція та етичні межі), системному (простежуваність та аудитуваність) та інституційному (нагляд і політика).

Таким чином, синергія ШІ-технологій та діджиталізованих комунікацій формує нову реальність для гнучких організацій. Успіх такої трансформації визначається не ступенем автономності ШІ, а здатністю організації вибудувати триєдиний контур: безперервний зворотний зв'язок через інтелектуальний аналіз комунікацій, проактивний моніторинг ефективності з можливістю порівняльного аналізу та когнітивно-сумісний людський нагляд, який враховує ризики автоматизаційної самовпевненості. Саме така архітектура перетворює ШІ з інструменту оптимізації на повноцінного учасника організаційної системи зі збереженням людини в позиції вищого контролю.

Література:

1. Kathryn Bonney, Cory L. Breaux, Emin Dinlersoz, Lucia S. Foster, John C. Haltiwanger & Aditya A. Pande. The Microstructure of AI Diffusion: Evidence from Firms, Business Functions, and Worker Tasks. URL: <https://www.nber.org/papers/w35141>. DOI 10.3386/w35141
2. How AI-first teams can learn and adapt without waiting. Cprime, 2025. URL: <https://www.cprime.com/blog/how-ai-first-teams-can-learn-and-adapt-without-waiting/>
3. KPMG introduces dashboard to track employee AI adoption, productivity gains. News18, 2026. URL: <https://www.news18.com/business/markets/kpmg-introduces-dashboard-to-track-employee-ai-adoption-productivity-gains-wsj-10075004.html>
4. How Nilkamal strengthened engagement & became proactive with Amber's AI. Infeedo, 2025. URL: <https://www.infeedo.ai/success-stories/how-nilkamal-strengthened-engagement-became-proactive-with-ambers-ai>
5. Asante S. AI-Powered Performance Management: A Case Study in Accra. International Journal of Research and Scientific Innovation, 2025, vol. 12, issue 10, pp. 3919–3923.
6. The Paradox of Perfection: Hidden Risks of High-Performing AI in Human-in-the-Loop Governance. Kennesaw State University, 2026.
7. Governance in the age of AI agents: Who's really accountable? ET Edge Insights, 2025. URL: <https://etedge-insights.com/technology/artificial-intelligence/governance-in-the-age-of-ai-agents-whos-really-accountable/>

ГАРМОНІЗАЦІЯ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ З ПРИНЦИПАМИ ЛЮДИНОЦЕНТРИЧНОСТІ 5.0: ПРОГАЛИНИ, ВИКЛИКИ ТА ШЛЯХИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ

Хандій О.О.¹, д.е.н., професор, Хандій В.В.

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

²Інститут економіки промисловості НАН України

Сучасний етап розвитку промисловості характеризується переходом до моделі «Індустрія 5.0», яка зміщує акцент із автоматизації та цифровізації, властивих Індустрії 4.0, на гармонійне поєднання технологій і людського капіталу. Європейський Союз визначив три ключові принципи цієї трансформації: людиноцентричність, сталість і стійкість. Для України, яка перебуває на шляху євроінтеграції та має статус кандидата на вступ до ЄС, питання трансформації кадрової політики в промисловості набуває зростаючої актуальності. Впродовж 2025 року проводився офіційний скринінг законодавства України відповідно до *acquis* ЄС (сукупність правових норм, принципів, політичних цілей та стандартів, обов'язкових для всіх держав-членів Європейського Союзу), який виявив, що національне законодавство ще не готове до практичного впровадження стандартів, закладених у AI Act (Закон ЄС про штучний інтелект), Platform Work Directive (Директива ЄС про покращення умов праці на цифровій платформі) та European Green Deal (Європейський зелений курс). Актуальність дослідження посилюється тим, що рамки концепції «Індустрія 5.0» часто залишаються декларативними, і це вимагає ґрунтовного переосмислення на національному рівні.

Мета дослідження - визначити основні виклики та шляхи гармонізації українського законодавства із європейськими вимогами щодо трансформації кадрової політики промисловості на засадах людиноцентричності 5.0.

Орієнтиром для трансформації кадрової політики виступає насамперед AI Act [1] (правовий документ, що регулює розробку, розгортання та використання систем штучного інтелекту), який запровадив ризик-орієнтовану класифікацію систем штучного інтелекту. До високоризикових віднесено, зокрема, системи для рекрутингу, оцінки кандидатів та управління працівниками (Annex III(4)), що вимагає обов'язкового людського нагляду та попереднього інформування працівників. Європейський Союз вніс кадрові ШІ-технології до цієї категорії через високу небезпеку дискримінації та упередженості. Станом на 2 серпня 2026 року для таких систем настає основний етап застосування вимог, а заборонені практики (наприклад, соціальне рейтингування) тягнуть штрафи до 35 млн євро або 7% річного доходу компанії. З грудня 2024 року чинною є Platform Work Directive (Directive (EU) 2024/2831) [2], яка гарантує, що алгоритмічні рішення не можуть бути єдиною підставою для звільнення, а платформи зобов'язані оцінювати ризики для працівників, пов'язані з використанням ШІ. Держави-члени, повинні імплементувати Директиву (ЄС)2024/2831 до 2 грудня 2026 року. На рівні ЄС Директива регулює використання автоматизованих систем управління працівниками, включаючи автоматизований розподіл завдань, оцінку ефективності та прийняття рішень. Платформи повинні забезпечувати прозорість щодо використання таких систем та забезпечувати змістовний людський нагляд.

В Україні цілісний підхід до впровадження Індустрії 5.0 відсутній. Незважаючи на запровадження Міністерством цифрової трансформації разом із Ukrainian Startup Fund AI Sandbox для пілотних проєктів у 2025–2026 роках та публікацію Білої книги з регулювання ШІ в червні 2024 року [3], ці документи не містять обов'язкових вимог до роботодавців щодо забезпечення людського нагляду за алгоритмічними кадровими рішеннями. Кодекс законів про працю України, на відміну від AI Act, не передбачає відповідальності за дискримінаційні автоматизовані рішення.

В Звіті Єврокомісії про Україну за 2024 рік (розділ 19) [4], прагнення до наближення залишається обмеженим через неповне впровадження стандартів безпеки та гігієни праці, поширення незадекларованої праці та заборгованостей із заробітної плати. З 2024 року в Україні відбулися позитивні зміни в удосконаленні трудового законодавства, зокрема, Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства завершило підготовку проекту нового Трудового кодексу, проте експерти в соціально-трудої сфері називають його лише «косметичними змінами». Рівень впливу профспілок на рішення щодо цифрової трансформації робочих місць в Україні залишається мінімальним порівняно з вимогами acquis ЄС: профспілки та представники працівників повинні мати реальні важелі контролю над тим, як роботодавець впроваджує штучний інтелект, трекери активності чи алгоритми оцінки на робочому місці. В українському ж проекті Трудового кодексу роль профспілок у погодженні алгоритмічного менеджменту зведена до мінімуму або ігнорується. Цю проблему посилює старт цифрової екосистеми ринку праці «Обрій»: попри те, що вона передбачає використання ШІ для підбору персоналу (зокрема, системи рейтингування кандидатів), її впровадження відбувається без належного залучення профспілок до аудиту цих автоматизованих рішень.

Контекст кадрової політики доповнює Європейська зелена угода [5], що формує попит на нові навички: для досягнення кліматичної нейтральності до 2030 року в Європі має бути створено 3,5 млн робочих місць у відновлюваній енергетиці [6]. Цей вектор створення нових робочих місць у «зеленому» секторі безпосередньо корелює з глобальними та європейськими рамками сталого розвитку. Інтеграція з Цілями сталого розвитку (ЦСР) є необхідною умовою європейської гармонізації. Зокрема, концепція Індустрії 5.0 безпосередньо співвідноситься з ЦСР 8 (гідна праця та економічне зростання) та ЦСР 9 (промисловість, інновації, інфраструктура). У 2024 році було оновлено національні цільові показники та індикатори ЦСР на період до 2030 року з урахуванням обмеженого доступу до статистичних даних та поточної безпекової ситуації: тимчасово закриті дані для чутливих маркерів, які ворог може використати для планування атак (цілі 1, 3, 5, 7, 9), методологічно скориговані індикатори (цілі 1, 13, 14, 15), а також замінені прямі статистичні спостереження на розрахунково-аналітичні моделі (цілі 8, 9). У контексті Індустрії 5.0 промислова політика України поступово переорієнтовується з сировинної моделі на розвиток переробних виробництв, хоча впровадження нового екологічного обладнання потребує сформованих складних цифрових та інженерних навичок, дефіцит яких нині є суттєвим викликом. Крім того, кліматичний вектор євроінтеграції вимагає гармонізації національного законодавства: у 2026 році Україна продовжує роботу над законопроектом про національну систему торгівлі викидами (ETS), що має на меті імплементацію європейських принципів кліматичної політики та створення підґрунтя для адаптації до механізму вуглецевого коригування імпорту ЄС (СВАМ). Доступ до ринку ЄС визначається не лише кліматичними вимогами, українська переробна продукція зможе успішно продаватися в ЄС лише за умови виконання як екологічних норм (СВАМ, врахування вуглецевого сліду), так і дотримання європейських соціальних стандартів та прав людини, які є невід'ємною частиною торговельних відносин і євроінтеграційних зобов'язань України. Таким чином, синергія промислової, кліматичної та соціальної політик стає ключовою передумовою для повноцінної інтеграції України до єдиного ринку ЄС.

Для наближення до вимог ЄС Україні необхідно:

- ухвалити закон, що регулює розробку, розгортання та використання систем штучного інтелекту, який зокрема, запровадить ризик-орієнтований підхід до HR-систем;
- імплемувати в КЗпП (новий Трудовий кодекс) вимоги платформної директиви (EU) 2024/2831, зокрема право працівника на оскарження автоматизованого рішення у

позасудовому порядку, що є ключовою вимогою європейських стандартів захисту прав працівників у цифрову епоху;

- галузеві угоди для промисловості мають закріпити обов'язок роботодавця забезпечувати “людський контроль” над кадровими рішеннями, які ухвалюються за допомогою ШІ або інших автоматизованих систем (звільнення, переведення, оплата праці). Роботодавці повинні проводити обов'язкову оцінку впливу на права працівників перед впровадженням будь-якої автоматизованої системи управління персоналом. В українському правовому полі соціального діалогу (між профспілками та об'єднаннями роботодавців) на рівні галузей взагалі відсутні такі поняття, як «алгоритмічний менеджмент», «автоматизоване ухвалення рішень» або «людський нагляд (human oversight) за ШІ». Рівень впливу українських профспілок на цифрову трансформацію робочих місць залишається мінімальним. Профспілкові лідери на виробництвах зазвичай не мають достатньої кваліфікації для аудиту автоматизованих систем, за якими керівництво оцінює працівників.

Проведений аналіз свідчить, що українське законодавство перебуває на ранній стадії підготовки до впровадження людиноцентричних підходів у кадрову політику. Головними перешкодами є відсутність обов'язкових вимог до прозорості алгоритмічних HR-рішень, незавершеність реформи трудового законодавства та недостатній соціальний діалог. Для промислового сектору пріоритетним є законодавче закріплення стандартів безпеки праці під час впровадження когнітивних систем, систем моніторингу працівників та автоматизованого управління персоналом. Без негайних змін у КЗпП та прийняття спеціального закону про розробку, розгортання та використання систем штучного інтелекту ризики дискримінації та порушень прав працівників загрожують не лише соціальній стабільності, а й успішності переговорного процесу щодо вступу до ЄС.

Література

1. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng> (дата звернення: 10.05.2026).

2. Directive (EU) 2024/2831 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2024 on improving working conditions in platform work. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/2831/oj/eng> (дата звернення: 10.05.2026).

3. Kozhukhar O., Petrenko M. Regulation of artificial intelligence: Ukraine's current approach. URL: <https://www.ibanet.org/Regulation-of-AI-Ukraine-current-approach> (дата звернення: 12.05.2026).

4. Commission staff working document Ukraine 2024 Report. https://enlargement.ec.europa.eu/document/download/1924a044-b30f-48a2-99c1-50edeac14da1_en (дата звернення: 12.05.2026).

5. European Parliament. Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age. URL: <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/package-green-deal-industrial-plan-for-the-net-zero-age/file-green-deal-industrial-plan-for-the-net-zero-age> (дата звернення: 10.05.2026).

6. Pact for Skills: Launch of large-scale renewable energy skills partnership. URL: https://energy.ec.europa.eu/news/pact-skills-launch-large-scale-renewable-energy-skills-partnership-2023-03-21_en (дата звернення: 12.05.2026).

РЕЗИЛЬЄНТНІСТЬ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОСТІ БІЗНЕСУ

Кліпик Б. Р., Христенко Л. М., к.е.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасний етап розвитку агропромислового сектору України характеризується високим рівнем нестабільності, зумовленим воєнними ризиками, логістичними обмеженнями, енергетичними кризами та глобальною економічною турбулентністю. За таких умов традиційні підходи до управління операційною діяльністю, орієнтовані на максимізацію ефективності та мінімізацію витрат, поступово втрачають результативність, особливо в агропромисловому секторі, де стабільність виробничих процесів залежить від безперервності логістичних, енергетичних, кадрових і фінансових потоків. Повномасштабна війна суттєво трансформувала умови функціонування аграрного бізнесу, спричинивши руйнування транспортної інфраструктури, дефіцит ресурсів, порушення експортних маршрутів та нестачу трудових ресурсів, унаслідок чого навіть незначні зовнішні збурення можуть призводити до масштабних порушень операційної діяльності та втрати здатності підприємства підтримувати безперервність бізнесу.

Сучасна економічна реальність дедалі частіше описується через концепцію VUCA (Volatility – мінливість, Uncertainty – невизначеність, Complexity – складність, Ambiguity – неоднозначність), яка тривалий час використовувалася для характеристики нестабільності ринкового середовища. Проте сучасні кризові явища, посилені воєнними ризиками, глобальною економічною турбулентністю та руйнуванням логістичних систем, зумовили перехід до моделі BANI-середовища (Brittle – крихке, Anxious – тривожне, Nonlinear – нелінійне, Incomprehensible – незбагненне), яка відображає не лише нестабільність, а й крихкість сучасних соціально-економічних систем та нездатність традиційних управлінських механізмів забезпечувати їхню стійкість у кризових умовах [1]. Для агропромислових підприємств це означає необхідність переходу від орієнтації виключно на максимізацію ефективності до формування операційної резильєнтності.

Упродовж тривалого часу більшість підприємств функціонували відповідно до концепції «Just-in-Time», яка передбачала мінімізацію запасів, високу залежність від стабільності ланцюгів постачання та орієнтацію на оптимізацію витрат. Однак в умовах BANI-середовища та воєнної економіки така модель виявилася вразливою, оскільки будь-яке порушення логістичних чи виробничих процесів може спричинити системну дестабілізацію діяльності підприємства [2]. У зв'язку з цим сучасна управлінська практика дедалі більше орієнтується на концепцію «Just-in-Case», яка базується на створенні резервів, диверсифікації постачання та підвищенні автономності операційної системи, формуючи основу для розвитку операційної резильєнтності підприємства.

Проблематика забезпечення безперервності бізнесу в сучасних умовах виходить за межі традиційного антикризового управління, оскільки йдеться не лише про ліквідацію наслідків кризових ситуацій, а й про формування здатності підприємства функціонувати в умовах постійної невизначеності. Саме тому ключового значення набуває поняття «резильєнтність» операційної системи.

У сучасній науковій літературі поняття «безперервність бізнесу» та «операційна резильєнтність» часто використовуються як споріднені категорії, однак між ними існують суттєві концептуальні відмінності. Безперервність бізнесу орієнтується переважно на забезпечення відновлення діяльності після настання кризової ситуації та підтримання функціонування критичних процесів у межах допустимого часу [3]. Натомість операційна резильєнтність має значно ширший зміст і передбачає здатність підприємства адаптуватися до змін, поглинати негативний вплив зовнішніх факторів, трансформувати внутрішні процеси

та підтримувати стратегічну життєздатність системи навіть в умовах постійної нестабільності.

Резильєнтність операційної системи агропромислового підприємства доцільно розглядати як комплексну керовану здатність підприємства забезпечувати стабільність ключових операційних процесів, підтримувати фінансову стійкість, адаптувати виробничі та логістичні механізми до зовнішніх збурень та зберігати функціональність бізнес-моделі в умовах високої невизначеності. На відміну від традиційного антикризового підходу, який спрямований переважно на мінімізацію втрат, концепція резильєнтності передбачає створення системи, здатної до самовідновлення, організаційного навчання та стратегічної адаптації.

Важливим напрямом формування резильєнтної операційної системи є цифровізація управлінських та логістичних процесів. Використання цифрових платформ, систем моніторингу, технологій штучного інтелекту та цифрових двійників дозволяє підприємствам оперативно моделювати сценарії розвитку подій, прогнозувати ризики та приймати управлінські рішення в режимі реального часу. Особливого значення набуває створення «логістичних веж управління», які забезпечують централізоване управління ланцюгами постачання та дозволяють швидко реагувати на зміни транспортної ситуації.

Не менш важливим фактором забезпечення операційної резильєнтності є енергетична автономність підприємства. Масовані атаки на енергетичну інфраструктуру України продемонстрували критичну залежність агропромислового сектору від стабільності енергозабезпечення. У зв'язку з цим актуалізується необхідність розвитку локальних систем генерації енергії, впровадження відновлюваних джерел енергії, біометанових комплексів та систем накопичення енергії. Це дозволяє не лише підтримувати безперервність технологічних процесів, а й знижувати рівень операційних ризиків.

Окремої уваги потребує трансформація системи управління людським капіталом. Воєнна економіка супроводжується дефіцитом кваліфікованих кадрів, мобілізаційними процесами та зростанням психологічного навантаження на персонал. За таких умов особливого значення набувають автоматизація виробничих операцій, роботизація окремих процесів, цифрове навчання персоналу та формування мультифункціональних команд. Резильєнтна організація повинна забезпечувати не лише фізичну безпеку працівників, а й здатність персоналу швидко адаптуватися до нових умов діяльності.

Отже, сучасні умови функціонування агропромислових підприємств обумовлюють необхідність фундаментальної трансформації підходів до управління операційною діяльністю. Забезпечення безперервності бізнесу в умовах воєнної економіки та BANI-середовища неможливе без формування резильєнтної операційної системи, здатної адаптуватися до зовнішніх збурень, підтримувати функціональність ключових процесів та забезпечувати стратегічну життєздатність підприємства. Операційна резильєнтність поступово перетворюється не лише на інструмент антикризового управління, а й на ключову передумову довгострокової конкурентоспроможності та повоєнного відновлення агропромислового сектору України.

Література

1. Olkowicz J., Jarosik-Michalak A., Kozłowski A. The role of a leader in shaping employee behaviour in the VUCA/BANI world. *Journal of Modern Science*. 2024. Vol. 2(56). DOI: <https://doi.org/10.13166/jms/188913>.
2. Скорупський К. С. Стратегії управління виробництвом в умовах війни. Академічні візії. 2025. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14911617>.
3. Ситайло У. Безперервність бізнесу в Україні: виклики та можливості в умовах війни. *Економіка та суспільство*. 2024. № 62. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-22>.
4. Christopher M., Peck H. Building the resilient supply chain. *International Journal of Logistics Management*. 2004. Vol. 15(2). P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>.

УПРАВЛІННЯ ДОХОДАМИ ПІДПРИЄМСТВА В СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЙОГО ЕФЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ

Подлевський О.С. здобувач ВО (першого) бакалаврського рівня,
Левицький В.В., к.е.н., доцент
Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

В умовах динамічного та швидкозмінного середовища у діяльності будь-якого підприємства значне місце займає управління доходами підприємства, оскільки без наявності даної впорядкованої системи воно не зможе ефективно функціонувати та формувати ефективні передумови для свого позитивного розвитку у майбутньому.

Варто зазначити, що доходи підприємства – це грошові надходження, отримані від реалізації продукції, товарів, робіт, послуг, а також від іншої діяльності (інвестиційної, фінансової тощо). Вони є основним джерелом формування прибутку, забезпечують стабільність фінансового стану та можливість ефективної діяльності [1].

Загалом, ефективне управління доходами сучасного підприємства має забезпечувати формування оптимальної системи для знаходження оптимального співвідношення та збалансованості між обсягами продажів, собівартістю, ціновою політикою й рентабельністю [4]. Саме ж управління доходами підприємства виступає головним інструментом його системного розвитку. Відповідно, процес управління доходами – це циклічна система забезпечення розвитку підприємства, що включає кілька етапів [2-3]:

- аналіз доходів за минулі періоди: вивчення динаміки, структури та виконання плану та виявлення «вузьких місць»;
- планування та прогнозування: визначення цільових обсягів виручки на основі маркетингових досліджень та виробничих потужностей;
- формування цінової політики: встановлення цін, що забезпечують конкурентоспроможність та покриття витрат підприємства.
- контроль та моніторинг: порівняння фактичних показників із плановими в режимі реального часу.

Отже, управління доходами підприємства є ключовим елементом системи забезпечення ефективного розвитку підприємства. Він реалізується не лише через процес збору виручки, а включає комплексну інтелектуальну роботу з аналізу ринку, оптимізації внутрішніх процесів та стратегічного планування та є головним показником успішності підприємства через його здатність доходів трансформуватися у чистий прибуток та забезпечувати його сталий розвиток у довгостроковій перспективі.

Література

1. Економіка підприємства : підручник [електронне видання] / [Ліпич Л. Г., Загоруйко В.Л., Кулинич М.Б., Кушнір М.А., Левицький В.В. та інші] ; за заг. ред. Л. Г. Ліпич, Луцьк : Вежа-Друк, 2021. 768 с.
2. Левицький В.В. Інтегрований підхід до формування моделі прийняття управлінських рішень на підприємстві. Економіка та суспільство. 2021. №26. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-22>
3. Levytskyi V.V. Formation of the integrated system of social-adaptive management of the organization. Економічний часопис ВНУ імені Лесі Українки. Луцьк : Вежа-Друк, 2021. № 2(26) С.94-101. DOI: <https://doi.org/10.29038/2786-4618-2021-02-94-101>
4. Мулик Т. О. Методичні підходи до аналітичного забезпечення управління доходами. Агросвіт. 2020. № 6. С. 77-86.

АКТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ПОСТКОНФЛІКТНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Івченко Ю.А., PhD, доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Моделювання діяльності є важливим етапом у розвитку будь-якого бізнесу. Саме від вибору / побудови ґрунтовної моделі діяльності залежить рівень її ефективності, рентабельності, а в кінцевому сенсі – успішності бізнесу. Під бізнес-моделлю ми розуміємо таку системну сукупність взаємопов'язаних структурних елементів, які визначають особливості організаційно-економічної виробничо-збутової діяльності підприємства.

Якісна модель діяльності підприємства має відповідати вимогам середовища, у якому воно функціонує. Тому, аналізу та розробленню моделей діяльності науковці приділяють увагу. У світовій практиці найбільшого поширення і популярності набули моделі О. Остервальдера і І. Піньйо, Генрі Уільяма Чесбро, Олівера Гассмана та інших. Якщо модель О. Остервальдера і І. Піньйо прийнятна для започаткування / вдосконалення будь-якого бізнесу, то моделі Г. У. Чесбро і О. Гассмана – саме для впровадження інновацій.

Серед вітчизняних науковців проблему вдосконалення моделі бізнесу досліджували Горлачук і Яненко [1], Мясников В.О. [2] та інші. Зокрема, науковці Горлачук і Яненко зазначають, що класична модель підприємницької діяльності орієнтована на найефективніше використання наявних ресурсів підприємства. І за такої моделі здійснюється:

- аналітична оцінка наявних ресурсів;
- виявлення можливостей досягнення мети;
- використання тієї можливості, яка забезпечить максимально ефективну віддачу наявних ресурсів.

Інноваційна ж модель підприємництва, на думку цих авторів, передбачає активне використання інноваційних організаційно-управлінських, техніко-технологічних і соціально-економічних рішень. Тому практична реалізація цієї моделі повинна спиратися на таку послідовність дій [1]:

- 1) науково обґрунтоване формулювання мети діяльності;
- 2) оцінка зовнішнього середовища щодо пошуку альтернативних можливостей реалізації підприємницької ідеї;
- 3) порівняльна оцінка власних ресурсів і спрогнозованих можливостей;
- 4) пошук зовнішніх додаткових джерел ресурсів;
- 5) аналіз потенційних можливостей конкурентів у ніші ринку;
- 6) реалізація завдань інноваційної діяльності.

Мясников В.О. виділяє такі моделі у системі адаптивного управління інноваційним розвитком підприємства [2]:

- модель оцінки інноваційного потенціалу,
- модель прогнозування,
- модель оцінки економічного ефекту від впровадження інновацій,
- модель планування інноваційного розвитку.

Відтак, враховуючи світовий досвід реалізації бізнес-моделей та розробки вітчизняних науковців у цій сфері, щоб побудувати актуальну модель забезпечення інноваційно-інвестиційної діяльності підприємства в умовах постконфліктної трансформації, спочатку необхідно проаналізувати зовнішнє середовище, у якому буде здійснюватись інноваційно-інвестиційна діяльність. Йдеться про законодавче та інституційне забезпечення, ринкову кон'юнктуру, фактори зовнішнього впливу, які

традиційно аналізують у бізнес-діяльності. Особливу увагу слід приділити чинникам постконфліктних трансформацій, які є новими, вплив їх не досліджений і наслідки ще не з'ясовані.

Також необхідно проаналізувати внутрішнє середовище підприємства на предмет готовності до здійснення інноваційно-інвестиційної діяльності. Потрібно проаналізувати не лише систему управління, фактори внутрішнього впливу, а й дослідити можливі стратегічні напрями інноваційно-інвестиційного розвитку підприємства, взагалі можливості здійснювати інноваційно-інвестиційну діяльність. При проведенні зазначених досліджень доцільно буде застосувати SWOT-аналіз і стратегічний аналіз. Наступний крок - здійснюється фактична оцінка ресурсів, ризиків та здатності здійснювати інноваційно-інвестиційну діяльність, результати якої є основою для прийняття управлінських рішень. Одним з таких можливих рішень може бути відмова від діяльності, якщо ризики будуть надзвичайно високими чи підприємство буде не готовим до її впровадження / активізації, чи ресурсів буде не достатньо, чи інноваційно-інвестиційний потенціал виявиться низьким.

Отже, формування актуальної моделі забезпечення інноваційно-інвестиційної діяльності підприємства в умовах постконфліктної трансформації має базуватися на комплексному поєднанні аналізу зовнішнього та внутрішнього середовища, оцінки ресурсного потенціалу, рівня ризиків і стратегічних можливостей розвитку. Така модель повинна бути адаптивною, гнучкою до змін середовища та орієнтованою на інтеграцію інноваційних рішень і ефективне залучення інвестиційних ресурсів. Її реалізація сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємств, забезпеченню їх стійкого розвитку та активізації відновлювальних процесів економіки в умовах постконфліктної трансформації.

Література

1. Горлачук В. В., Яненко І. Г. Економіка підприємства : навчальний посібник. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. 344 с.
2. Мясников В. О. Інтегральна оцінка стану та рівня інноваційного потенціалу як основа адаптивного управління машинобудівними підприємствами. Бізнес Інформ. 2018. № 1. С. 85-92.

АКТУАЛЬНІСТЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ФІНАНСОВОГО КОНТРОЛЮ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ В УМОВАХ АКТИВНОЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Савченко А. О., Христенко Л. М., к.е.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасний етап розвитку вищої освіти та науки в Україні вимагає кардинального підвищення ефективності управління науково-дослідною діяльністю (НДД) як ключового елемента забезпечення інноваційного розвитку держави. Ефективне управління НДД не лише координує наукову діяльність, а й забезпечує раціональне використання фінансових ресурсів, що особливо важливо в умовах обмеженого бюджетного фінансування та жорсткої конкуренції за міжнародні гранти. Саме від якості управління науково-дослідною діяльністю залежить не лише результативність наукових досліджень, а й конкурентоспроможність закладів вищої освіти на глобальному ринку знань. За таких умов цифровізація управлінських процесів стає необхідною передумовою інтеграції української науки до європейського та світового наукового простору.

Фінансування наукової сфери в Україні залишається одним із найбільш проблемних аспектів розвитку науки. Відповідно до чинного законодавства [1], науково-дослідна діяльність фінансується коштом державного бюджету, міжнародних грантів та господарсько-договірної діяльності. Однак на практиці спостерігаються хронічне

недофінансування, нестабільність бюджетних надходжень і значна залежність від зовнішніх джерел фінансування. Ситуація ускладнюється складними бюрократичними процедурами освоєння коштів та ризиками їх нецільового використання [2; 3]. Крім того, багатоканальність фінансування створює додаткові труднощі у сфері фінансового контролю через відмінності у вимогах до обліку та звітності. У результаті це не лише стримує розвиток науки, а й посилює ризики втрати кадрового та інноваційного потенціалу держави.

Традиційні методи ведення фінансового обліку та контролю, що базуються на використанні електронних таблиць, паперових журналів витрат і ручному формуванні кошторисів та звітності, вже не здатні забезпечити необхідний рівень оперативності й прозорості фінансового управління [4]. Аналіз практики фінансового управління НДД у наукових установах та закладах вищої освіти виявив комплекс системних проблем: відсутність єдиної інформаційної платформи для моніторингу витрат за різними джерелами фінансування, значний документообіг при формуванні звітності, затримки в отриманні актуальних даних про стан бюджету наукового проєкту, а також ризики помилок через ручне введення даних [2; 4; 5]. Це призводить до касових розривів, ускладнення фінансового контролю та зниження ефективності використання коштів. Розв'язання зазначених проблем потребує переходу від реактивного контролю до проактивного автоматизованого управління фінансами НДД [2; 4; 5].

Збереження наявної ситуації у фінансовому забезпеченні та контролі наукової діяльності в сучасних умовах є не лише неефективним, а й потенційно небезпечним, оскільки переважання ручних процедур суттєво підвищує ризики корупційних зловживань і нецільового використання державних та грантових ресурсів. У зв'язку з цим автоматизація фінансового контролю набуває статусу стратегічного імперативу забезпечення прозорості, підзвітності та результативності науково-дослідної діяльності.

Для дослідження можливостей такого переходу використано методи системного та порівняльного аналізу з метою оцінювання функціональних можливостей ERP- і BI-систем у сфері автоматизації фінансового контролінгу. Крім того, застосовано метод фінансового моделювання та табличні процесори для прогнозування руху коштів, контролю бюджетних лімітів і аналізу відхилень фактичних показників від планових [4; 6].

Основними недоліками традиційного фінансового контролю є висока ймовірність помилок через людський чинник, тривалий процес підготовки звітності та недостатня оперативність контролю використання коштів [2; 3]. Для розв'язання цих проблем запропоновано модель автоматизації на основі централізованої ERP-системи зі спеціалізованим фінансовим модулем, інтегрованим із бухгалтерським обліком та грантовою звітністю університету. Ключовим елементом системи є інтерактивна BI-панель (Dashboard), що забезпечує моніторинг бюджету НДД у режимі реального часу за основними статтями витрат – заробітна плата, матеріали та відрядження [6; 4]. Алгоритм контролінгу передбачає автоматичне блокування перевищення встановлених лімітів ще на етапі погодження заявок на закупівлю, що мінімізує ризики нецільового використання коштів [5].

Для підвищення ефективності фінансового управління запропоновано створення єдиного регламенту електронного документообігу з фіксацією фінансових операцій у режимі реального часу, а також проведення навчання науково-педагогічних працівників роботі з автоматизованими системами аналізу відхилень фактичних витрат від планових показників із формуванням попереджувальних повідомлень для керівників проєктів. Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню прозорості фінансових процесів, скороченню ручної праці та покращенню якості фінансової звітності [1; 3; 4]. Автоматизація фінансового контролінгу дозволяє скоротити час підготовки проміжної фінансової звітності приблизно на 40 %, підвищити точність бюджетного планування та посилити інвестиційну привабливість університету для міжнародних наукових фондів [1; 4].

Впровадження такої моделі не лише оптимізує внутрішні фінансові процеси, а й формує додаткові конкурентні переваги для закладів вищої освіти, підвищуючи рівень їхньої інституційної довіри з боку міжнародних донорів та грантових організацій, які дедалі частіше висувають вимоги щодо цифрової прозорості фінансового менеджменту. У результаті дослідження підтверджено, що автоматизація фінансового контролю у системі управління науково-дослідною діяльністю є необхідною умовою підвищення ефективності використання бюджетних та грантових коштів у закладах вищої освіти. Запропонована модель на основі ERP-систем і BI-панелей забезпечує прозорість, оперативність та мінімізацію помилок у процесі фінансового управління. Реалізація запропонованих рекомендацій сприятиме переходу університетів до проактивного фінансового менеджменту, зниженню адміністративного навантаження на науковців та посиленню конкурентоспроможності у сфері залучення міжнародних грантів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на інтеграцію фінансового контролінгу із системами управління науковими проектами та технологіями штучного інтелекту для прогнозування й аналізу ризиків.

Література

1. Про наукову і науково-технічну діяльність : Закон України від 25.02.2025 № 4794-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/848-19>
2. Харламова Г., Наумова М. Фінансування наукової сфери в Україні: проблематика та напрями змін. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. 2025. Вип. 2 (227). С. 89–97.
3. Матюшенко І. Ю. Фінансування наукової сфери. Бізнес Інформ. 2025. № 8. С. 40–46.
4. Магніч А. С. Цифровізація систем контролінгу в управлінні фінансово-економічною стійкістю підприємства. Науковий вісник Одеського національного економічного університету. 2024. № 7–8 (325). С. 108–114.
5. Давидович І. Є. Управлінський облік та контролінг : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2018. 480 с.
6. Колодієв А. Л. Цифровізація фінансового контролінгу як інструмент підвищення ефективності управління підприємством. Економіка та суспільство. 2023. Вип. 56. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3012/2934>

ДІЄВІ УПРАВЛІНСЬКІ СТРАТЕГІЇ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ В СИСТЕМІ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

Смаглій А.О., аспірант кафедри публічного управління, менеджменту та маркетингу
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасних умовах війни та майбутнього повоєнного відновлення України людський капітал виступає ключовим фактором економічної стійкості, інноваційного розвитку та соціальної безпеки держави. Воєнні дії спричинили значні демографічні втрати, масову зовнішню та внутрішню міграцію, руйнування професійних траєкторій, зростання безробіття, дефіцит кваліфікованих кадрів, а також посилення ризиків професійного вигорання й втрати мотивації до праці. За таких умов саме ефективність управлінських стратегій визначатиме спроможність країни не лише відновити трудовий потенціал, а й створити підґрунтя для його якісного розвитку відповідно до нових соціально-економічних реалій.

У рамках оновленої оцінки Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5) - спільного звіту уряду України, Світового банку, Європейської комісії та ООН, який був опублікований 23 лютого 2026 р. зазначено, що загальна потреба у відновленні України вже досягла 588 млрд дол. США, при цьому окремо наголошується, що “найбільш критичним

активом України є її люди”, а повернення біженців, реінтеграція ветеранів і залучення жінок до ринку праці визначатимуть темпи відновлення [1].

За оцінками Міжнародної організації праці (ILO), для забезпечення потреб повоєнної реконструкції Україні буде необхідно додатково 8,7 млн працівників до ринку праці, що актуалізує потребу у стратегічному менеджменті людського капіталу та модернізації політики зайнятості [2]. Тому управлінські стратегії у сфері людського капіталу доцільно розглядати як комплекс довгострокових рішень і практичних інструментів, спрямованих на утримання, відновлення та нарощування професійного, інтелектуального й соціального потенціалу населення [3]. Варто виокремити три ключові стратегічні напрями.

Стратегічний напрямок 1 - утримання людського капіталу (*retain*), мінімізація відтоку кадрів та підтримка економічно активного населення. До інструментів на виконання цих задач належать створення конкурентних умов праці, розвиток гнучких форматів зайнятості, програми підтримки працівників із вразливих категорій, заходи з ментального здоров'я, стимули для повернення українських фахівців з-за кордону.

Стратегічний напрямок 2 - відновлення професійного потенціалу (*recover*) що забезпечує адаптацію людського капіталу до нових вимог економіки відновлення. В умовах структурних змін ринку праці особливого значення набувають державні та корпоративні програми перекваліфікації; інтеграція ветеранів у цивільну зайнятість; підтримка молоді та випускників; цифровізація професійної підготовки [4].

Стратегічний напрямок 3 - розвиток талантів і розвиток управлінських кадрів для секторів критичної інфраструктури, публічного управління, освіти та охорони здоров'я (*develop*). Для довгострокового зростання економіки необхідно формувати системи управління талантами, планування наступництва, розвиток лідерства, управління знаннями, підтримка інноваційної активності персоналу.

Три вищезазначені напрями утворюють модель “*retain–recover–develop*”, яка формує логіку поетапного управління людським капіталом, що забезпечує його утримання, функціональне відновлення та стратегічний розвиток відповідно до цілей повоєнної реконструкції України. Дієвість моделі “*retain–recover–develop*”, значною мірою залежить від координації між державою, бізнесом, університетами, міжнародними організаціями, громадянським суспільством. Саме партнерська модель дозволяє забезпечити узгодження кадрових потреб із програмами відновлення регіонів і галузей.

З позицій сучасного менеджменту людських ресурсів найбільш ефективними визнаються комплексні інструменти, що поєднують аналітичний, стратегічний та ціннісно-орієнтований підходи до управління персоналом. Насамперед ідеться про управління персоналом на основі даних (*data-driven HR strategies*), яке передбачає використання HR-аналітики, цифрових метрик, прогностичних моделей та інструментів оцінювання ефективності працівників для прийняття обґрунтованих управлінських рішень [5]. Такий підхід дає можливість не лише оперативно виявляти кадрові ризики, рівень плинності кадрів, прогалини у компетенціях чи мотиваційні проблеми, а й прогнозувати майбутні потреби організації у людському капіталі.

Не менш важливим інструментом виступає стратегічне планування робочої сили (*strategic workforce planning*), яке орієнтоване на довгострокове узгодження кадрового потенціалу з цілями розвитку організації. Його сутність полягає у визначенні майбутньої потреби в персоналі за кількісними та якісними параметрами, аналізі демографічних, економічних і технологічних змін, а також у формуванні сценаріїв забезпечення організації необхідними фахівцями. Особливої актуальності цей підхід набуває в умовах післякризового та повоєнного відновлення, коли організаціям необхідно швидко реагувати на структурні зміни ринку праці.

Водночас управління на основі компетенцій (competency-based management) забезпечує системність у формуванні, оцінюванні та розвитку професійного потенціалу працівників. Його основою є визначення ключових компетенцій, знань, навичок, поведінкових моделей та лідерських характеристик, необхідних для досягнення стратегічних цілей. Це дозволяє підвищити якість добору кадрів, ефективність навчання, об'єктивність оцінювання результатів праці та формування кадрового резерву, що, у свою чергу, зміцнює інституційну спроможність організації.

Окреме місце посідає ESG-oriented HR management — підхід до управління персоналом, який інтегрує принципи екологічної відповідальності, соціальної інклюзивності та якісного корпоративного управління у HR-політики та практики. У межах цього підходу особлива увага приділяється питанням гендерної рівності, добробуту працівників, інклюзивного середовища, етичного лідерства, прозорості процедур, підтримки ментального здоров'я, розвитку корпоративної культури відповідальності та сталого професійного розвитку. Такий підхід не лише підвищує репутаційну стійкість організації, а й сприяє зростанню залученості персоналу та зміцненню довіри всіх стейкхолдерів.

Загалом синергія зазначених інструментів забезпечує зростання адаптивності організацій до кризових, соціальних і технологічних викликів, підвищує їхню здатність до інноваційного оновлення та формує стійку систему відтворення й розвитку людського капіталу, що є критично важливим чинником довгострокової конкурентоспроможності та успішного відновлення інституцій у сучасних умовах.

Отже, дієві управлінські стратегії збереження та розвитку людського капіталу мають стати базовим елементом системи повоєнного відновлення України. Їх реалізація повинна ґрунтуватися на багаторівневому управлінні, стратегічному плануванні, інклюзивності та інвестиціях у компетентності населення. Це дозволить сформувати конкурентоспроможну модель відновлення, орієнтовану на довгострокове економічне зростання та соціальну стабільність.

Література

1. Ukraine - Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5): February 2022 - December 2025, сайт ПРООН в Україні. URL: <https://www.undp.org/ukraine/publications/ukraine-fifth-rapid-damage-and-needs-assessment-rdna5-february-2022-december-2025#:~:text=February%2023%2C%202026,Socioeconomic%20losses%20have%20risen%20to%2066>
2. Prospects for achieving Ukraine's 2032 GDP target: A labour market perspective. URL: <https://reliefweb.int/report/ukraine/prospects-achieving-ukraines-2032-gdp-target-labour-market-perspective-september-2023>
3. Becker G. S. Human capital: a theoretical and empirical analysis, with special reference to education. 3rd ed. Chicago: The University of Chicago Press, 1993. 390 p.
4. World Bank. World Development Report 2019: The changing nature of work. Washington, DC: World Bank, 2019. 151 p.
5. OECD. Data-driven human resources management: enabling the strategic use of human resources data for a high-performing civil service. Paris: OECD Publishing, 2019. URL: <https://www.oecd.org/>

**ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ МАЛОГО ТА
СЕРЕДНЬОГО БІЗНЕСУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

Вертелецький О.Б., аспірант

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

В умовах воєнного стану малий та середній бізнес в Україні функціонує під постійним тиском безпекових, фінансових, логістичних і кадрових обмежень. Однією з найгостріших проблем для МСБ є дефіцит персоналу, зумовлений вимушеною міграцією, мобілізацією, скороченням економічно активного населення та структурними змінами на ринку праці. За даними Світового банку, робоча сила в Україні суттєво скоротилася, а наприкінці 2024 року понад три п'ятих опитаних підприємств назвали нестачу кадрів головним обмеженням для діяльності, випередивши навіть питання безпеки, інфраструктури та зростання витрат. Водночас підприємства, які змогли адаптуватися, дедалі частіше змінюють продуктивний портфель, активніше використовують ІКТ та внутрішню релокацію як інструменти виживання і збереження операційної стійкості [1,2].

У таких умовах штучний інтелект доцільно розглядати не просто як інновацію, а як практичний інструмент підтримки безперервності бізнесу, підвищення продуктивності та часткової компенсації кадрового дефіциту. Для МСБ особливу цінність мають ті рішення на основі ШІ, які дають змогу автоматизувати рутинні завдання без істотного розширення штату. Йдеться насамперед про створення маркетингових матеріалів, автоматизацію комунікації з клієнтами, підготовку первинних текстів договорів і комерційних пропозицій, аналітику продажів, прогнозування попиту, обробку звернень, ведення баз знань та оптимізацію внутрішніх процесів. Таким чином, один працівник за підтримки ШІ може виконувати більший обсяг функцій, а підприємство – швидше реагувати на зміни зовнішнього середовища [3].

Разом із тим сам факт доступу до інструментів штучного інтелекту ще не гарантує позитивного економічного ефекту. Практика показує, що найбільшу користь отримують ті підприємства, які мають хоча б базову цифрову зрілість, навички постановки завдань для ШІ та здатність інтегрувати отримані результати у власні бізнес-процеси. ОЕСД підкреслює, що поширення ШІ серед МСБ стримується не лише фінансовими чинниками, а й браком навичок, даних, обчислювальних можливостей та загальної цифрової готовності компаній. Отже, ключовим бар'єром стає не стільки технологія як така, скільки рівень готовності підприємця або команди правильно нею користуватися. [3]

У сучасних умовах це означає, що впровадження ШІ має супроводжуватися розвитком нових компетентностей. Працівники і власники МСБ повинні вміти коректно формулювати запити, перевіряти якість і достовірність згенерованого результату, розуміти межі застосування інструменту, враховувати ризики конфіденційності даних, а також відрізнити допоміжне використання ШІ від повного делегування йому управлінських рішень. Європейський підхід до регулювання ШІ також акцентує увагу на прозорості, безпеці та AI literacy; при цьому обов'язки щодо AI literacy уже введені в дію в межах AI Act, що фактично підкреслює: ефективне і безпечне використання штучного інтелекту неможливе без відповідного навчання користувачів [4]. Крім того, у ЄС цифрові програми підтримки прямо орієнтовані на upskilling і reskilling у сферах AI, data science, cloud та кібербезпеки, що є важливим орієнтиром і для українського бізнес-середовища [5].

Отже, у воєнний період штучний інтелект може стати для малого та середнього бізнесу одним із найважливіших інструментів адаптації та розвитку. Його практична цінність полягає у здатності зменшувати навантаження на обмежений персонал, прискорювати типові операції, підтримувати управлінські рішення та підвищувати гнучкість бізнесу. Проте реальна віддача від ШІ виникає лише за умови системного підходу:

поєднання технологічного впровадження з навчанням персоналу, формуванням цифрових навичок і відповідальної моделі використання. Саме тому для українського МСБ у період воєнного стану стратегічно важливо розглядати ШІ не як “заміну працівника”, а як інструмент посилення людського потенціалу в умовах його дефіциту. Також треба пам’ятати, що ШІ не якісно може виконати задачу, яка сформульована як «зроби мій бізнес прибутковим» або «налагоди комунікацію з клієнтом». Людина яка формулює задачу для ШІ має сама повністю розуміти, як її реалізувати, дати детальний опис задачі ШІ (рівень деталізації – задача для розробки програмного забезпечення), перевірити якість тестової реалізації, а вже після запускати в роботу. Тоді ШІ зможе скоротити час на виконання на порядок. Підсумовуючи – ШІ не може виконати задачу так як треба замість замовника, але він може прискорити процес виконання, якщо замовник сам розуміє і як її виконати і може сформулювати це розуміння в поставлену задачу.

Література

1. World Bank. Addressing Ukraine’s Transport Labor Shortages [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://surl.lt/uwtorj> (дата звернення: 09.03.2026).
2. World Bank Group. World Bank Group Support to Ukraine [Електронний ресурс]. April 2024. URL: <https://surl.li/jdpzwe> (дата звернення: 10.03.2026).
3. OECD. AI adoption by small and medium-sized enterprises [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://surl.li/gmvluv> (дата звернення: 10.03.2026).
4. European Commission. AI Act | Shaping Europe’s Digital Future [Електронний ресурс]. URL: <https://surl.lt/tdrfmq> (дата звернення: 11.03.2026).
5. European Commission. AI talent, skills and literacy [Електронний ресурс]. URL: <https://surl.li/qviqdy> (дата звернення: 12.03.2026).

УПРАВЛІННЯ АДАПТАЦІЄЮ ПЕРСОНАЛУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: HR-ІНСТРУМЕНТИ ЗАПОБІГАННЯ ЕМОЦІЙНОМУ ВИГОРАННЮ

Панченко Є.В., гр МЕН – 22з

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

В умовах воєнного стану система управління персоналом функціонує в умовах постійної невизначеності, що супроводжується підвищеним рівнем стресу, нестабільністю організаційних процесів та значним психоемоційним навантаженням на працівників. Особливо це характерно для сфери охорони здоров'я, де персонал виконує професійні обов'язки в умовах підвищеної відповідальності, дефіциту ресурсів та високої інтенсивності праці. У таких умовах управління адаптацією персоналу набуває стратегічного значення, оскільки безпосередньо впливає на ефективність діяльності організації та психологічний стан працівників.

Емоційне вигорання є одним із ключових ризиків, що виникають у результаті тривалого впливу стресових факторів. Воно проявляється у формі емоційного виснаження, деперсоналізації та зниження професійної ефективності. Одним із найбільш валідованих інструментів його оцінки є методика Maslach Burnout Inventory (MBI), яка широко застосовується у світовій науковій та практичній діяльності [1]. Використання таких інструментів дозволяє не лише оцінити стан працівників, а й своєчасно виявити ризики професійного виснаження.

Сучасні теоретичні підходи до дослідження вигорання підкреслюють значення організаційних факторів. Відповідно до моделі Job Demands–Resources, емоційне вигорання виникає внаслідок дисбалансу між робочими вимогами та ресурсами працівника [2]. У період воєнного стану цей дисбаланс посилюється через зростання навантаження, нестабільність умов праці та обмеженість ресурсів. У таких умовах адаптація персоналу виступає важливим етапом в життєвому циклі працівника, що дозволяє знизити рівень стресу та підвищити стійкість працівників.

Сучасні емпіричні дослідження, проведені в Україні в умовах воєнного стану, підтверджують значне зростання рівня емоційного вигорання серед медичних працівників. Встановлено, що значна частина персоналу відчуває постійне психоемоційне навантаження, пов'язане як із професійною діяльністю, так і з загальною ситуацією в країні [3; 4]. При цьому організаційні умови праці визначаються як ключовий фактор, що впливає на психічний стан працівників, їх мотивацію та ефективність виконання обов'язків [5].

Дослідження особливостей системи управління персоналом у державному закладі охорони здоров'я (НДСЛ «Охматдит») підтвердили зазначені тенденції. Нові працівники часто стикалися з необхідністю швидкої інтеграції у складну організаційну структуру, значним обсягом нормативної та робочої інформації, а також відсутністю чітко структурованої системи адаптації. У таких умовах процес входження в посаду відбувається стихійно, що призводить до підвищення рівня тривожності, збільшення кількості помилок та зниження впевненості у виконанні професійних обов'язків.

Одним із ключових HR-інструментів запобігання емоційному вигоранню є впровадження структурованої системи адаптації персоналу. Така система передбачає поетапне ознайомлення працівника з організацією, його функціональними обов'язками, внутрішніми процедурами та правилами взаємодії. Відповідно до досліджень Вауер, ефективний онбординг сприяє швидшій адаптації працівників, зниженню рівня стресу та підвищенню їх продуктивності [6]. Чітка структура адаптації дозволяє зменшити невизначеність та сформувати відчуття контролю над робочим процесом.

Важливим елементом адаптації є ефективна внутрішня комунікація. У кризових умовах відсутність чітких інструкцій та зрозумілих каналів взаємодії призводить до

додаткового когнітивного навантаження. У практиці кадрової роботи спостерігається значна кількість запитів, що виходять за межі компетенції працівників, що створює перевантаження. Впровадження стандартизованих процедур, регламентів та шаблонів документів дозволяє оптимізувати робочі процеси та зменшити рівень стресу.

Окрему роль відіграє соціальна підтримка та організаційна культура. Дослідження доводять, що підтримка з боку колективу та керівництва є одним із ключових факторів профілактики емоційного вигорання [1]. У цьому контексті наставництво, відкрита комунікація та сприятливий психологічний клімат сприяють підвищенню стійкості персоналу до стресових факторів.

Крім того, важливим є раціональний розподіл функціональних обов'язків. В умовах воєнного стану працівники часто виконують додаткові завдання, що не входять до їхніх посадових обов'язків, що призводить до перевантаження. Чітке визначення зон відповідальності та регламентація процесів дозволяють зменшити хаотичність діяльності та підвищити її ефективність.

Таким чином, управління адаптацією персоналу в умовах воєнного стану повинно базуватися на поєднанні науково обґрунтованих підходів та практичних HR-інструментів. Використання методики MBI, застосування моделі Job Demands–Resources, впровадження ефективного онбордингу, розвиток комунікації та соціальної підтримки дозволяють знизити рівень емоційного вигорання, підвищити адаптивність персоналу та забезпечити ефективне функціонування організації в умовах кризових трансформацій.

Література

1. Maslach C., Leiter M. P. Understanding burnout: New models. *World Psychiatry*. 2016. Vol. 15, No. 2. P. 103–111.
2. Bakker A. B., Demerouti E. Job Demands–Resources theory: Taking stock and looking forward. *Journal of Occupational Health Psychology*. 2017. Vol. 22, No. 3. P. 273–285.
3. Rusanov V. Professional burnout of medical workers in wartime conditions. *Ukrainian Medical Journal*. 2024.
4. Pinchuk I. Mental health services during the war in Ukraine: challenges and perspectives. *The Lancet Regional Health – Europe*. 2025.
5. Borovets V. Working conditions and mental health of healthcare workers in crisis conditions. *Acta Medica Leopoliensia*. 2024.
6. Bauer T. N. Onboarding new employees: Maximizing success. SHRM Foundation, 2010.

ESG-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД У СТРАТЕГІЧНОМУ АНТИКРИЗОВОМУ УПРАВЛІННІ РОЗВИТКОМ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

Романов О. Д., Чорна О.Ю., к.е.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

В умовах тривалих воєнно-економічних шоків, масштабних деструкцій критичної інфраструктури, руйнування екосистем та деформації соціального капіталу традиційні реактивні методи антикризового управління втрачають свою ефективність. Сучасні територіальні громади постають перед викликом не просто локалізації поточних збитків, а системної модернізації на засадах довгострокової ресильєнтності. За таких обставин екологічна безпека (E), соціальна інклюзія (S) та прозоре врядування (G) трансформуються з пасивних цільових орієнтирів мирного часу на проактивні інструменти мінімізації стратегічних ризиків.

Впровадження принципів екологічної безпеки, соціальної інклюзії та ефективного врядування стає базовою умовою для отримання доступу до міжнародних фінансових ресурсів та залучення інвестицій, оскільки світові фінансові інституції дедалі частіше розглядають дотримання критеріїв ESG як обов'язковий елемент оцінки ризиків [1].

Феодосіївська сільська територіальна громада є типовою субурбанізованою екосистемою, що відзначається потужним фінансово-економічним потенціалом і розвиненим малим та середнім бізнесом. Громада володіє унікальними рекреаційно-природними активами й інвестиційно привабливим земельним фондом, що за наявності розвиненої торгово-розважальної інфраструктури забезпечує стабільний приплив висококваліфікованих людських ресурсів та вагомі надходження до бюджету від ПДФО. Водночас у контексті стратегічного планування та антикризового управління під час воєнного стану громада змушена балансувати між капіталомістким захистом своєї критичної інфраструктури, подоланням локального кадрового дефіциту та об'єктивною необхідністю екологізації комунального сектору [2].

Утім, наявність зазначених ресурсних переваг і фінансової спроможності території вступає у певне протиріччя з рівнем готовності муніципального управління до нових глобальних викликів. Зокрема, практичне розгортання ESG-трансформації у Феодосіївській сільській ТГ вимагає від управлінського апарату специфічних компетенцій, якими наразі володіє лише обмежене коло муніципальних службовців.

Діагностика стану муніципального управління у Феодосіївській ТГ в умовах воєнного стану [2] свідчить про зміщення управлінських пріоритетів, де довгострокове стратегічне планування ускладнюється необхідністю оперативного реагування на велику кількість безпекових і енергетичних викликів і загроз. Глибокий аналіз поточної ситуації в громаді дає змогу ідентифікувати низку критичних викликів, які обмежують повноцінну імплементацію стандартів ESG, попри високий стартовий економічний потенціал території:

першим викликом є дефіцит цільових ресурсів та необхідність капіталомісткого захисту критичної інфраструктури, воєнні ризики змушують громаду акумулювати бюджетні кошти на невідкладних заходах цивільного захисту, безпеки, забезпеченні автономного енерго- й водопостачання та облаштуванні укриттів у закладах освіти й медицини. У таких умовах жорсткі екологічні вимоги (E) часто сприймаються як фінансово обтяжливий додаток;

другим викликом є кадровий дисбаланс та інтелектуальний відтік, зумовлений багатьма процесами останніх років, гостра відсутність вузькопрофільних спеціалістів, здатних здійснювати ESG-аудит локального бізнесу, залучати міжнародні мікрогранти та вести нефінансову звітність, створює ситуацію інституційної неспроможності навіть за наявності чіткої політичної волі керівництва громади до впровадження інновацій;

третім ризиком виступає управлінська невизначеність та комплаєнс-обмеження воєнного стану, специфіка Феодосіївської громади полягає у необхідності балансування між жорсткими вимогами безпеки та базовими стандартами корпоративного й муніципального врядування (G), які вимагають максимальної прозорості, підзвітності та широкого залучення громадськості до стратегічного планування. Існує об'єктивна загроза формальної імітації ESG-реформ без їхньої реальної трансформації.

Проте попри всі загрози, ризики і виклики зовнішнього середовища, що характеризуються складністю, швидкістю змін і взаємопов'язаністю всіх чинників, імплементація ESG-орієнтованого підходу відкриває для Феодосіївської громади масштабні стратегічні можливості, трансформуючи нефінансові метрики у прагматичний інструмент залучення міжнародної допомоги, капіталізації локальних активів та посилення загальної стійкості. Основними передумовами та драйверами для цього в межах реалізації стратегії розвитку громади є:

конвертація екологічного комплаєнсу (E) у міжнародне фінансування модернізації інфраструктури. Провідні світові інституції розглядають дотримання екологічних стандартів як обов'язковий фільтр для виділення безповоротних грантів та пільгових кредитів. Для Феодосіївської ТГ, що володіє унікальними рекреаційно-природними активами, це дає змогу отримати пріоритетний доступ до зовнішнього фінансування;

антикризова оптимізація муніципального управління через компонент G (Governance). Інтеграція стандартів відповідального врядування безпосередньо корелює із завданнями цифрової трансформації та підвищення прозорості Феодосіївської сільської ради. Впровадження інструментів «Smart City», антикорупційних протоколів та відкритих систем контролю за бюджетними видатками мінімізує комплаєнс-ризики нецільового використання коштів під час воєнного стану;

соціальна стабілізація та збереження людського капіталу через компонент S (Social). Специфіка Феодосіївської громади як субурбанізаційного центру з високим рівнем доходів населення вимагає проактивної соціальної політики для утримання кваліфікованих кадрів та запобігання міграційному відтоку. Орієнтація на соціальний вектор ESG дозволяє громаді системно вирішувати завдання адаптації внутрішньо переміщених осіб, реінтеграції ветеранів через програми муніципальних мікрогрантів, а також розвитку інклюзивної та безпекової інфраструктури.

Таким чином, інтеграція ESG-орієнтованого підходу у практику стратегічного антикризового управління розвитком територіальних громад дозволяє конвертувати нефінансові соціально-екологічні та управлінські чинники у довгострокову фінансову спроможність та інфраструктурну стійкість муніципального сектору. На прикладі Феодосіївської сільської ТГ доведено, що для висококапіталізованих приміських громад імплементація стандартів ESG є не додатковим фінансовим обтяженням, а прагматичним інструментом диверсифікації ризиків воєнного стану, мінімізації кадрового дефіциту через збереження людського капіталу та пріоритетного залучення міжнародних грантів для модернізації критичних об'єктів комунального господарства.

Література

1. Шульга О. А. Імплементація стандартів ESG у практику антикризового менеджменту територіальних громад: науково-освітній супровід відновлення. Економічний простір. 2026. № 210. С. 86–91. DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.210.86-91> (дата звернення: 02.05.2026).

2. Феодосіївська територіальна громада : офіційний сайт. URL: <https://feodosiivska-gromada.gov.ua/> (дата звернення: 02.05.2026).

3. Chorna O., Myronyk B., Verbitska I. Anti-crisis management of enterprises in a war economy. Social Development: Economic and Legal Issues. 2026. № 14. С. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.70651/3083-6018/2026.2.02> (дата звернення: 8.05.2026).

ДІАГНОСТИКА СТАНУ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Мироник Б., Чорна О.Ю., к.е.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Реформа децентралізації вивела територіальні громади на перші позиції у структурі забезпечення життєдіяльності та економічного розвитку України. Сьогодні їхній потенціал щодо адаптації до умов воєнного стану, якості формування локальних стратегій і здатність ухвалювати ефективні рішення є визначальними факторами формування загальнодержавної стійкості та економічної безпеки держави.

Економічна безпека територіальної громади є фундаментальною основою її життєдіяльності, що визначає здатність місцевої системи самоврядування протистояти зовнішнім і внутрішнім деструктивним чинникам, гарантувати безперервність надання публічних послуг та забезпечувати умови для відтворення людського капіталу.

Під визначенням «економічна безпека територіальної громади» розуміється комплекс елементів (економічних, інформаційних, екологічних, соціальних), що формує конкретну систему в кожній громаді, оскільки територіальні громади мають свої специфічні особливості, які зумовлені тісним зв'язком соціально-економічних відносин із природними умовами цієї території [2].

Результативність стратегічного управління розвитком територій безпосередньо залежить від наявності верифікованої та всебічної інформаційної бази. За умов воєнного стану особливої актуальності набуває саме діагностика стану економічної безпеки територіальної громади, яка дозволяє оцінити реальну спроможність локальної системи функціонувати в екстремальних макроекономічних та безпекових умовах. Оцінювання ресурсного, фінансового та інвестиційного потенціалу крізь призму безпекової парадигми дає змогу вищому керівництву приймати оперативні та довгострокові стратегічні рішення. Застосування інструментарію діагностики ЕБ громади дозволить: по-перше, оперативно виявляти диспропорції та зони критичного ризику в життєдіяльності громади; по-друге, формувати пріоритети стабілізації та захисту локальної економіки; обґрунтовувати безпекові орієнтири стратегічного розвитку; забезпечувати цільове використання бюджетних коштів і донорських ресурсів.

Феодосіївська сільська територіальна громада Обухівського району Київської області просторово локалізована в межах південного передмістя столиці, що визначає її статус як ключової зони інтенсивної субурбанізації та формування висококапіталізованого житлово-рекреаційного простору. Специфіка економічного профілю громади полягає у відсутності великих промислових підприємств і домінуванні сектору послуг, девелопменту, роздрібної торгівлі та логістичної інфраструктури, орієнтованої на обслуговування приміських потоків. Завдяки високій ринковій вартості земельного фонду та інвестиційній привабливості природи території (наявності великих лісових масивів і гідрологічних об'єктів у селах Ходосівка, Лісники, Круглик, Іванковичі, Рославичі), громада сформувала стійку екосистему з високою концентрацією малого і середнього підприємництва, яка забезпечує вагомі надходження до місцевого бюджету.

Водночас просторове розташування та структура локального господарства висувають особливі вимоги до системи її економічної безпеки в умовах воєнного стану. На відміну від суто аграрних чи промислових регіонів, Феодосіївська ТГ характеризується підвищеною вразливістю критичної інженерної інфраструктури (енерго-, водопостачання та водовідведення), капіталомісткістю утримання і захисту якої суттєво зросла через безпекові ризики. Отже, Феодосіївська сільська ТГ, володіючи високим стартовим фінансово-

економічним потенціалом, водночас стикається зі специфічними асиметріями та ризиками, що потребує проведення комплексної експрес-діагностики її економічної стійкості.

Систематизовані результати проведеного дослідження, щодо діагностики стану економічної безпеки Феодосіївської ТГ ми структурували за трьома базовими складовими:

фінансово-бюджетна складова свідчить, що Феодосіївська ТГ демонструє високий рівень фінансової автономії. Основним драйвером наповнення бюджету виступає податок на доходи фізичних осіб, що зумовлено субурбанізаційним статусом громади — проживанням на її території високоплатоспроможних верств населення та концентрацією суб'єктів малого і середнього бізнесу, проте висока залежність від одного джерела (ПДФО) створює ризик фінансової вразливості у разі поглиблення макроекономічної кризи чи міграційних коливань;

діагностика інфраструктурно-інвестиційної безпеки доводить, що громада володіє капіталізованими земельними активами та унікальним природно-рекреаційним потенціалом. Наявність великих торгово-розважальних об'єктів та розвиненого житлового сектору підвищує загальну вартість території. Водночас діагностика ЕБ фіксує значні інфраструктурні загрози: ризики блекаутів та дефіциту потужності локальних енергомереж, необхідність термінової термомодернізації комунальної сфери та високу капіталомісткість утримання і захисту критичних об'єктів ЖКГ в умовах повітряних загроз;

кадрово-демографічна безпека. З одного боку, приміський статус забезпечує приплив інтелектуального та підприємницького капіталу. З іншого — в умовах воєнного стану загострюється локальний кадровий дефіцит, зумовлений мобілізаційними процесами та зовнішньою міграцією фахівців. Це обмежує інституційну спроможність органів місцевого самоврядування щодо якісного супроводу інвестиційних проєктів та ведення нефінансового моніторингу.

У результаті проведеного дослідження обґрунтовано, що діагностика стану економічної безпеки територіальних громад є фундаментальним аналітичним інструментом та базисом антикризового стратегічного управління локальним розвитком, який в умовах дії правового режиму воєнного стану дозволяє системно оцінити рівень захищеності фінансово-економічного потенціалу, критичну стійкість соціально-демографічних ресурсів та інституційну адаптивність системи місцевого самоврядування до деструктивних зовнішніх шоків.

На прикладі Феодосіївської сільської територіальної громади Київської області доведено, що застосування комплементарного методичного підходу, який інтегрує інструменти експрес-діагностики загроз, безпеково-орієнтований SWOT-аналіз, статистичне оцінювання динаміки бюджетних втрат та метод стратегічного планування, орієнтованого на результат (RBM-підхід), забезпечує високу точність ідентифікації внутрішніх вразливостей системи. Слід зазначити, що регулярний безпековий моніторинг локального середовища дає змогу не лише фіксувати поточні деструктивні тенденції та критичні диспропорції, а й обґрунтовувати превентивні стратегічні орієнтири стабілізації економічного, соціального та екологічного простору громади на перспективу.

Література

1. Цегельник Н., Ярмолук О. Методологічні підходи до оцінки економічної безпеки територіальних громад. Економіка та суспільство. 2025. Вип. 71. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-43> (дата звернення: 01.05.2026).
2. Серебряк К. І. Економічна діагностика стану territorial'nykh hromad в контексті стратегічного планування розвитку територій. Економіка та суспільство. 2025. Вип. 79. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-79-36> (дата звернення: 05.05.2026).
3. Chorna O., Myronyk B., Verbitska I. Anti-crisis management of enterprises in a war economy. Social Development: Economic and Legal Issues. 2026. № 14. С. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.70651/3083-6018/2026.2.02> (дата звернення: 03.05.2026).

POSITIVE MENTAL HEALTH IN WARTIME: A PREDICTIVE MODEL OF ANXIETY, DEPRESSION, AND WELL-BEING

Boiarska Z. O.¹, PhD in Biology, Overchuk V. A.², Doctor of Sciences, Professor

¹*Research Fellow, Department of Neurobiology and Biophysics, Vilnius University, Vilnius, Lithuania Associate Professor, Department of Public Health, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine*

²*Vasyl' Stus Donetsk National University, Vinnytsia, Ukraine*

The full-scale war has created a prolonged context of chronic stress, fundamentally transforming psychological functioning. In such conditions, a mental health assessment limited to distress symptoms is insufficient. The dual-continua model provides a more comprehensive framework by integrating both negative and positive dimensions of mental health [1].

In addition to direct exposure to traumatic events, wartime conditions create a continuous background of uncertainty, informational pressure, and perceived threat, which affect psychological functioning even in the absence of immediate danger. Recent studies indicate that under such prolonged stress, everyday functioning, emotional regulation, and interpersonal relationships become increasingly vulnerable to cumulative strain. At the same time, mental health cannot be reduced to psychopathological symptoms alone, as individuals may retain varying degrees of adaptive capacity and positive functioning despite elevated distress. This perspective is particularly relevant for populations experiencing chronic societal instability, where the balance between vulnerability and resilience becomes a key dimension of psychological adaptation.

The aim of the study was to identify systemic associations between state and trait anxiety, depressive symptoms, and indicators of positive mental health and well-being in Ukrainian adults during wartime.

The study employed a cross-sectional design and was conducted in 2024 as an anonymous online survey (N = 168; aged 18–56). Standardized psychodiagnostic instruments were used, including the State-Trait Anxiety Inventory [2], the Burns Depression Checklist [3], the Positive Mental Health Scale [4], and the Modified BBC Subjective Well-being Scale [5]. Descriptive statistics and Pearson's correlation analysis were applied.

Descriptive indicators suggest the formation of an unstable psychophysiological equilibrium: moderate levels of anxiety (STAI-S: M = 41.93; STAI-T: M = 44.85) coexist with preserved indicators of positive functioning (PMH: M = 27.36; SWB: M = 82.59), suggesting partial retention of adaptive resources. At the same time, substantial variability in depressive symptoms (SD = 18.76) reflects pronounced heterogeneity in psychological responses to wartime stress.

To further examine the structure of relationships between variables, multiple linear regression analysis was conducted to assess the contribution of anxiety and depressive symptoms to the variance in positive mental health and psychological well-being.

The model predicting positive mental health was statistically significant, $F(3, 164) = 83.41$, $p < 0.001$, explaining 60.4% of the variance ($R^2 = 0.604$), indicating high explanatory power. State anxiety emerged as the strongest predictor ($B = -0.180$, $SE = 0.032$, $\beta = -0.41$, $p < 0.001$), suggesting that situational emotional tension plays a key role in reducing positive mental functioning. Trait anxiety also demonstrated a significant contribution ($B = -0.133$, $SE = 0.039$, $\beta = -0.27$, $p = 0.001$), reflecting the impact of stable dispositional tendencies toward anxiety. Depressive symptoms additionally contributed to the model ($B = -0.053$, $SE = 0.021$, $\beta = -0.19$, $p = 0.013$), indicating that affective disturbances further exacerbate the decline in positive mental health.

A similar pattern was observed for psychological well-being. The regression model was statistically significant, $F(3, 164) = 54.52$, $p < 0.001$, explaining 49.9% of the variance ($R^2 = 0.499$). In this model, trait anxiety ($B = -0.256$, $SE = 0.077$, $\beta = -0.33$, $p = 0.001$) and depressive symptoms

($B = -0.149$, $SE = 0.041$, $\beta = -0.28$, $p < 0.001$) demonstrated the strongest effects, suggesting that more stable and chronic aspects of psychological distress play a leading role in shaping overall psychological well-being. State anxiety showed a weaker but still statistically significant contribution ($B = -0.137$, $SE = 0.062$, $\beta = -0.17$, $p = 0.028$), indicating that situational stress also remains an important factor.

Taken together, these findings indicate that anxiety and depressive symptoms not only co-occur with reduced well-being but also serve as significant predictors of its decline, forming a coherent explanatory model of psychological functioning under conditions of prolonged stress.

The findings suggest that mental health under wartime conditions should be understood as a dynamic and integrated system, in which anxiety and depressive symptoms are not merely coexisting factors but play a predictive role in determining the level of positive functioning. The substantial proportion of explained variance in both positive mental health and psychological well-being highlights the central role of emotional distress in shaping overall psychological outcomes.

At the same time, the coexistence of moderate distress with preserved indicators of well-being supports the concept of partial adaptation, suggesting that individuals retain certain psychological resources even under prolonged stress. This reflects a state of unstable equilibrium, where vulnerability and resilience processes operate simultaneously.

The practical implications of these findings are particularly relevant for clinical psychology, psychosomatic medicine, and rehabilitation. The results support the need for integrated assessment models that combine the evaluation of anxiety, depression, and positive mental health, allowing for more accurate identification of risk profiles and the development of targeted intervention and recovery strategies in populations exposed to chronic stress.

References

1. Franken K., Lamers S. M. A., ten Klooster P. M., Bohlmeijer E. T., Westerhof G. J. Validation of the Mental Health Continuum-Short Form and the dual continua model of well-being and psychopathology in an adult mental health setting. *Journal of Clinical Psychology*. 2018. Vol. 74, Issue 12. P. 2187–2202. DOI: <https://doi.org/10.1002/jclp.22659>
2. Spielberger C. D., Gorsuch R. L., Lushene R., Vagg P. R., Jacobs G. A. *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y) ("Self-Evaluation Questionnaire")*. Palo Alto, CA : Consulting Psychologists Press, 1983. 76 p.
3. Burns D. D. *The Feeling Good Handbook: Using the New Mood Therapy in Everyday Life*. New York : W. Morrow, 1989. 587 p.
4. Lukat J., Margraf J., Lutz R., van der Veld W. M., Becker E. S. Psychometric properties of the Positive Mental Health Scale (PMH-scale). *BMC Psychology*. 2016. Vol. 4. Article 8. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40359-016-0111-x>
5. Pontin E., Schwannauer M., Tai S., Kinderman P. A UK validation of a general measure of subjective well-being: The modified BBC Subjective Well-being Scale (BBC-SWB). *Health and Quality of Life Outcomes*. 2013. Vol. 11, Issue 1. Article 150. DOI: <https://doi.org/10.1186/1477-7525-11-150>.

ВІЙСЬКОВЕ МИСТЕЦТВО ЗАПОРОЖЦІВ ЧАСІВ ХОТИНСЬКОЇ ВІЙНИ 1621 Р. ТА ПРИНЦИПИ СУНЬ-ДЗИ: УНІВЕРСАЛЬНІСТЬ І САМОБУТНІСТЬ

Альона ПУГАЧ, учениця 11 класу, Попова Лілія Михайлівна, вчитель історії
Маріупольська СШ I-III ст №66, Маріупольської міської ради, Донецької області

У сучасних умовах зростає інтерес до вивчення історичного військового досвіду, зокрема українського козацтва, як важливого чинника формування національної ідентичності та стратегічного мислення. Події Хотинська війна є яскравим прикладом ефективного використання військової тактики та організації війська запорозьких козаків. Водночас порівняння цих практик із класичними військовими принципами, викладеними у трактаті «Мистецтво війни», дозволяє виявити універсальні закономірності ведення війни та самобутні риси українського військового мистецтва.

Метою роботи є аналіз військового мистецтва запорозьких козаків під час Хотинська війна у порівнянні з принципами Сунь-Дзи з метою виявлення універсальних і специфічних рис військової стратегії

Військова історія людства демонструє дивовижну універсальність базових підвалин стратегії та тактики, які проявлялися в різні епохи та на різних континентах. Одним із найяскравіших прикладів такої відповідності є порівняння військового мистецтва запорозьких козаків початку XVII ст. із принципами стародавнього китайського трактату «Мистецтво війни» Сунь-Дзи. Дослідження показують, що серед 25 засадничих козацьких принципів ведення війни 17 мають повну або часткову подібність до китайських аналогів, тоді як 8 свідчать про унікальну самобутність українського козацтва.

Найбільшого розквіту військове мистецтво запорожців досягло під час Хотинської війни 1621 року під проводом гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного. Аналіз дій козацького війська виявляє низку стратегем, які ідентичні порадам давньокитайського стратега.

Передусім, обидві системи військового мислення базуються на принципі стратегічної гнучкості. Сунь-Дзи наголошував на необхідності змінювати тактику залежно від обставин, підкреслюючи, що війна є мистецтвом обману та пристосування. Аналогічно діяли й запорозькі козаки, які уникали шаблонності, швидко адаптувалися до змін на полі бою, застосовували як оборонні, так і наступальні маневри залежно від ситуації. У битвах із чисельно переважаючими силами противника вони демонстрували здатність до імпровізації, що відповідало ключовим засадам, сформульованим у трактаті.

Не менш важливим є принцип раптовості та дезорієнтації ворога. Сунь-Дзи підкреслював, що ефективна стратегія передбачає введення противника в оману: створення хибного враження про власні сили, наміри та можливості. Запорозькі козаки широко застосовували подібні прийоми — нічні напади, засідки, імітацію відступу, використання природних укриттів. Така тактика дозволяла їм здобувати перевагу навіть у нерівних умовах, що свідчить про практичне втілення теоретичних засад китайського мислителя.

Особливу увагу в обох традиціях приділено дисципліні та внутрішній організації війська. Сунь-Дзи вважав, що лише впорядкована, добре керована армія здатна досягти перемоги. У запорозьких козаків існувала чітка військова структура — поділ на курені, наявність старшини, суворе дотримання порядку під час походів і боїв. Така організація забезпечувала ефективне управління військом і високу боєздатність.

Важливим чинником перемоги в обох системах визнається моральний дух війська. Сунь-Дзи підкреслював значення єдності між воїнами та їхньої віри у справедливість своєї справи. Для козаків цей аспект був надзвичайно важливим: їхня боротьба мала не лише військовий, а й духовний вимір — захист православної віри, свободи та власних традицій. Високий рівень мотивації забезпечував стійкість і витривалість у бойових умовах.

Суттєву роль відігравало також уміння використовувати місцевість. У трактаті «Мистецтво війни», детально розглядаються типи ландшафтів і способи їх ефективного використання у війні. Запорозькі козаки майстерно застосовували особливості степу, річок і плавнів, будували укріплені табори, що давало їм стратегічну перевагу. Вони вміло поєднували оборонні та наступальні можливості, використовуючи природні умови як союзника.

Окремо варто відзначити значення мобільності та швидкості. Сунь-Дзи наголошував, що швидкість є вирішальним фактором у досягненні перемоги. Козацьке військо, зокрема його кіннота та флотилії «чайок», відзначалося високою маневреністю, що дозволяло здійснювати раптові рейди, швидко змінювати позиції та уникати небезпечних зіткнень.

Не менш важливим є й принцип раціональності у веденні війни. Сунь-Дзи вважав, що найкраща перемога — це та, що досягається з мінімальними втратами. Запорозькі козаки також намагалися уникати прямого протистояння з сильнішим ворогом, віддаючи перевагу тактиці виснаження, маневру та психологічного тиску. Нарешті, обидві традиції підкреслюють важливість розвідки та інформації. Сунь-Дзи приділяв значну увагу шпигунству як засобу отримання переваги над ворогом. Козаки активно використовували розвідників, збирали відомості про сили противника, що дозволяло їм приймати обґрунтовані стратегічні рішення.

Отже, військовий геній Петро Конашевич-Сагайдачний, поєднав традиції з новаторськими методами, які фактично відтворювали принципи «Мистецтва війни» Сунь-дзи: активність, маневреність, раптовість та жорстку дисципліну. Запорозькі козаки, не знаючи цього трактату, фактично реалізовували його ключові положення на практиці, що підкреслює високий рівень розвитку їхнього військового мистецтва та його відповідність загальнолюдським стратегічним принципам.

Військові досягнення запорожців, свідчать про надзвичайно високий інтелектуальний рівень українського командування початку XVII ст.. Козацькі стратегії, засновані на маневреності, розвідці та психологічному тиску, виявилися актуальними через тисячоліття після Сунь-Дзи.

Сьогодні ці надбання заслуговують не лише на історичне захоплення, але й на трансформацію та застосування в сучасних сферах стратегічного планування — від політики до бізнесу. Козацьке військо мистецтво є важливою складовою загальносвітової мілітарної культури, поєднуючи в собі універсальну мудрість віків та неповторну національну самобутність.

УКРАЇНЬСЬКА ВИШИВАНКА: ВІД САКРАЛЬНОГО ОБЕРЕГА ДО ГЛОБАЛЬНОГО ЕТНОБРЕНДУ

Анжеліка ДОВГАНЬ, учениця, Попова Лілія Михайлівна, вчитель історії
Маріупольська СШ I-III ст №66, Маріупольської міської ради, Донецької області

Українська вишиванка є унікальним прикладом того, як традиційний елемент народного побуту може вийти за межі етнографічного музею і стати живим символом національної ідентичності. В умовах глобалізації та повномасштабних викликів сучасності, вишиванка набула статусу «генетичного коду» нації, трансформувавшись із локальної традиції у впізнаваний світовий бренд.

Історично вишивка на сорочці ніколи не була просто декором. Кожен стібок мав магічне значення. Орнаменти наносилися на «відкриті» ділянки одягу (комір, манжети, поділ), щоб захистити людину від злих сил. Ромби з крапкою (символ засіяного поля), восьмикутна зірка (Алатир) та дерево життя кодували побажання родючості, сили та зв'язку з предками. Традиційне поєднання червоного (життєва енергія) та чорного (земля, багатство, а в певних контекстах — туга) формувало візуальну мову цілого етносу.

Дослідження трансформації вишиванки у світовий бренд є надзвичайно актуальним, оскільки в умовах повномасштабної російської агресії вона перетворилася на «сучасну культурну зброю» та символ нескореності. Формування «глобалізованого українства» у понад 150 країнах світу вимагає глибшого розуміння ролі вишитого одягу як інструменту культурної дипломатії та маркера приналежності до вільного народу.

Трансформація вишиванки у глобальний бренд відбулася завдяки поєднанню громадських ініціатив, медійної підтримки та високої моди:

1. Всесвітній день вишиванки: Засноване у 2006 році студенткою Лесею Воронюк як локальна акція, свято еволюціонувало у міжнародну подію, що охоплює понад 100 країн світу. Це свято не прив'язане до жодних державних чи релігійних дат, що дозволило йому стати демократичним символом солідарності.

2. Визнання у світі високої моди: Провідні світові будинки моди, такі як «Valentino» та «D&G», інтегрували українські етнічні мотиви у свої колекції. Авторитетний журнал «Vogue» офіційно назвав українську вишиванку одним із головних світових трендів.

3. Популярність серед зірок та лідерів: Українське вбрання обирають світові знаменитості: Джонні Депп, Міла Йовович, Адель, Кейт Мосс, Джекі Чан, Демі Мур та багато інших. Окрім зірок шоу-бізнесу, вишиванку як жест підтримки України та європейських цінностей періодично носять королева Іспанії Летиція, прем'єр-міністр Канади Джастін Трюдо та голова Єврокомісії Урсула фон дер Ляєн.

4. Роль цифрових платформ: у 2017 році засновник Facebook Марк Цукерберг вдягнув вишиванку, щоб публічно підтвердити свою підтримку України у війні з агресором.

5. Культурна спадкоємність діаспори: Протягом усіх хвиль еміграції вишиванка була «святою річчю» у валізі кожного українця. Вона стала обов'язковим атрибутом урочистостей у недільних школах за кордоном, передаючи національні цінності від старших поколінь до молодих.

З 2014 року, а особливо після початку повномасштабної фази війни у 2022 році, вишиванка стала символом вільних людей і свободи. Вона трансформувалася у дієвий інструмент просування національних інтересів, презентуючи світові багату історію та незламний дух українського народу. Сьогодні іноземці вдягають вишиті сорочки на знак солідарності з Україною, яка відстоює не лише власну незалежність, а й загальнолюдські цінності.

Досліджуючи феномен «глобалізованого українства», що виник внаслідок масової еміграції, понад 6 млн осіб станом на 2024 рік через війну, вишиванка визначена як основний

маркер національної ідентичності та «етнічний бренд», що об'єднує українців у понад 150 країнах світу

На основі аналізу дослідження свідчить, що українська вишиванка успішно пододала межі хатнього ремесла та кустарного промислу, ставши унікальним феноменом світової культури. Її успіх як бренду зумовлений глибоким сакральним змістом «оберіг», «символ сили», здатністю до художньої модифікації в сучасній моді та потужним патріотичним контекстом. Вишиванка сьогодні — це візитівка України, яка забезпечує континуїтет українства у глобальному просторі.

Список літератури

1. Бондарчук Я. В. Теорії виникнення мистецтва в дослідженнях другої пол. XIX — першої пол. XX ст. // Українська культура: минуле, сучасне, шляхи розвитку : наук. зб. — Рівне : РДГУ, 2019. — Вип. 30. — С. 101–106,.

2. Виткалов В. Г., Виткалов С. В. Культурно-мистецька спадщина України в нових суспільно-політичних обставинах // Українська культура: минуле, сучасне, шляхи розвитку : наук. зб. — Рівне : РДГУ, 2019. — Вип. 30. — С. 3–7,.

3. Дмитренко В., Дмитренко В. Ремесла як сектор креативних індустрій // Актуальні питання гуманітарних наук. — 2021. — Вип. 40, т. 1. — С. 79–85

4. Рендюк Т. Г. День вишиванки – еволюція свята від культурного заходу регіонального значення до всесвітнього дня // Література та культура Полісся. Серія "Філологічні науки". — 2024. — № 111 (25). — С. 240–257

ВИХОВАННЯ ПРАВОСВІДОМОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ СУЧАСНИХ ФОРМ ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

Карповський В. О.¹, Садовенко С. Г.², докторка філософії

¹ВСП «Технологічний фаховий коледж ДДТУ»

²ВСП «Дніпровський фаховий коледж інженерії та педагогіки Українського державного університету науки і технологій»

Формування правосвідомості молоді, яка навчається у закладах фахової передвищої освіти, є стратегічним завданням для становлення кадрового потенціалу та правової держави. Цей етап розвитку особистості є ключовим для перетворення студента на відповідального суб'єкта правовідносин [1].

Сучасні нормативні документи визначають правосвідомість як складну систему знань, уявлень та готовності діяти згідно з нормами права [2]. Процес її виховання під час навчання охоплює три рівні:

1. Когнітивний: отримання систематизованих правових знань.
2. Емоційно-ціннісний: формування внутрішнього схвалення законності та правопорядку.
3. Поведінковий: виховання готовності дотримуватися законів у професійній діяльності. Реалізація виховної функції правосвідомості дозволяє сформувати у здобувачів освіти стійку законослухняну модель поведінки [3].

В умовах модернізації освіти традиційна лекція зазнає суттєвої трансформації, перетворюючись із репродуктивного способу передачі знань на динамічний інструмент формування правової свідомості. Вона перестає бути суто джерелом інформації, набуваючи ознак мультифункціональності: від ціннісної орієнтації студента у масиві нормативних актів до стимулювання пізнавального інтересу (мотивації). Системний виклад матеріалу дозволяє здобувачу освіти не просто накопичувати факти, а вибудовувати цілісну архітектуру правових явищ, що є передумовою високої правової культури та аналітичних здібностей [4].

Для подолання пасивності студентів ефективна лекція має бути інтерактивною та візуалізованою [5]. Серед основних форм виділяємо:

- лекцію з використанням кейс-методів: викладач пропонує студентам розібрати реальний судовий кейс щодо порушення трудових прав працівника. Студенти аналізують аргументи сторін, спираючись на Кодекс законів про працю, що сприяє засвоєнню норм через практику;

- лекцію-дискусію (інтерактивні обговорення): до прикладу, обговорення теми «Межі необхідної оборони». Студенти дискутують щодо правомірності дій у заданих ситуаціях, що формує їхні правові переконання та оцінювальну функцію правосвідомості;

- лекцію-візуалізацію (мультимедійні презентації): використання інфографік та схем для пояснення структури законодавчої волі та ієрархії нормативно-правових актів, починаючи з Конституції України, що полегшує розуміння складних систем;

- лекцію-аналіз правових ситуацій: наприклад, моделювання ситуації укладання договору оренди обладнання. Студенти ідентифікують потенційні правові ризики, що безпосередньо впливає на їхню готовність до реальної професійної діяльності [5].

Підсумовуючи, варто зазначити, що результативність формування правосвідомості сучасної молоді корелює із трансформацією освітнього процесу: від трансляції статичних теоретичних знань до впровадження діяльнісного підходу. Пріоритетним вектором модернізації правової освіти є синергія цифровізації та інтерактивного інструментарію, що дозволяє перетворити традиційну лекцію на динамічний простір для критичного аналізу правових норм.

Література

1. Конституція України : Закон від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр> (дата звернення: 06.04.2026).
2. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 № 2145-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-> (дата звернення: 06.04.2026).
3. Про фахову передвищу освіту : Закон України від 06.06.2019 № 2745-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2745-19> (дата звернення: 06.04.2026).
4. Скакун О. Ф. Теорія держави і права : підручник. Київ : Правова єдність, 2021. 528 с.
5. Рабинович П. М. Основи теорії права та держави : навч. посіб. Львів : Світ, 2007. 256 с.

УПРАВЛІНСЬКА КУЛЬТУРА МАЙБУТНЬОГО ВИКЛАДАЧА ЗАКЛАДУ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ ЯК СКЛАДОВА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Кузнєцов М.В., гр. ПОЦТ-22Д, Кузьменко О.Г., доцент кафедри педагогіки, журналістики та міжкультурних комунікацій, к.п.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Дослідження наукових джерел та аналіз феномену культури управління дали змогу дійти висновку, що вона суттєво впливає на розвиток соціально-економічної, політичної, освітньої та інших сфер суспільного життя. Попри трансформаційні процеси, які сьогодні переживає Україна, проблема управлінської культури не втрачає своєї актуальності, а навпаки — набуває нового значення в умовах сучасних суспільних змін. Поняття управлінської культури охоплює різні сфери діяльності людини та є предметом дослідження в галузях державного управління, освіти, медицини, політики та інших напрямках. У сучасних умовах професійна підготовка майбутніх фахівців неможлива без формування в них відповідного рівня управлінської культури та розвитку навичок ефективного управління.

Проблематика управлінської культури була і залишається предметом наукового інтересу багатьох вітчизняних та зарубіжних учених у галузях педагогіки, психології та філософії. Значний внесок у дослідження цього феномену зробили Л. Карамушка, Н. Коломінський, В. Крижко, В. Маслов, Н. Островерхова, Є. Павлютенков, В. Пікельна, В. Пуцов, Т. Сорочан, Є. Тонконога, Є. Хриков та інші науковці. Це ще раз підтверджує актуальність зазначеної тематики. Дослідники розглядають управлінську культуру як багатогранний соціокультурний феномен, інтегровану характеристику особистості, засіб взаємодії із соціальним середовищем і систему ціннісних орієнтацій.

У межах проведеного дослідження було узагальнено зміст поняття управлінської культури як важливої професійної та особистісної характеристики викладача закладу професійної освіти. Сучасний викладач повинен ефективно працювати в колективі, створювати толерантне та сприятливе освітнє середовище, володіти навичками конструктивної взаємодії та впливати на процес розв'язання професійних і педагогічних питань у службових відносинах.

Опрацювання наукової літератури з проблематики понять «культура», «професійна культура» та «педагогічна культура» дало можливість визначити управлінську культуру майбутнього викладача закладу професійної освіти як складне інтегративне утворення. Воно поєднує професійні, ділові та особистісні якості педагога, необхідні для успішного виконання освітніх і педагогічних функцій, а також уміння здійснювати організаційний та адміністративний вплив, спрямований на реалізацію цілей закладу професійної освіти [2].

Управлінська культура є важливою складовою педагогічної майстерності майбутнього викладача в умовах сучасної освітньої парадигми. Вона виступає показником рівня професійної культури педагога та одним із критеріїв ефективності його професійної діяльності. Саме тому формування управлінських умінь і відповідних особистісних якостей у процесі професійної підготовки майбутніх викладачів закладів професійної освіти належить до пріоритетних завдань сучасної освіти.

У ході дослідження було також визначено особливості формування управлінської культури майбутніх викладачів закладів професійної освіти. Ефективне формування управлінської культури можливе за умови створення відповідного освітнього середовища, яке формується спільними зусиллями адміністрації закладу освіти, викладачів, студентів та суспільства загалом. Водночас ключова роль у цьому процесі належить як викладачеві, так і самому студенту. Майбутній педагог повинен володіти ґрунтовними теоретичними знаннями з педагогіки, освіти, культури та управління, постійно стежити за сучасними

науковими дослідженнями, розвивати власні ціннісні орієнтири, опановувати методики ефективного вирішення педагогічних ситуацій, протидіяти негативним впливам, удосконалювати професійні компетентності та вміти аргументовано відстоювати власну професійну й соціальну позицію.

Управлінська культура майбутнього викладача закладу професійної освіти виступає важливою особистісно-професійною характеристикою, яка визначає його ставлення до студентів як до унікальних особистостей зі своїми потребами, здібностями та індивідуальними особливостями. Вона проявляється у способі взаємодії педагога зі студентами та колегами й ґрунтується на принципах партнерства, співпраці, взаємної поваги та порозуміння. Оскільки управлінська культура не є вродженою рисою, а формується у процесі професійної підготовки, важливого значення набуває створення такого освітнього середовища, яке стимулює розвиток відповідних професійних і особистісних якостей. Саме тому одним із завдань дослідження стало визначення методичних особливостей формування та стимулювання управлінської культури майбутніх викладачів закладів професійної освіти.

Аналіз наукових праць і педагогічного досвіду дозволив сформулювати основні положення щодо розвитку управлінської культури майбутніх педагогів професійної освіти. В основу цього процесу доцільно покладати модеративний підхід, який розглядається як система взаємопов'язаних методів, умов і прийомів організації спільної діяльності. Такий підхід сприяє активному залученню учасників освітнього процесу до аналізу та осмислення труднощів управлінської діяльності, пошуку шляхів їх подолання, обміну професійним досвідом та колективного вироблення рішень. Водночас модеративний підхід орієнтує майбутнього викладача на усвідомлення особистої відповідальності за результати спільної діяльності, розвиток умінь самостійно розв'язувати професійні проблеми, вести дискусії, аргументовано відстоювати власну позицію та здійснювати ефективну комунікацію.

Формування управлінської культури також повинно здійснюватися в умовах, які сприяють творчому розвитку особистості студента, активізації його пізнавальної діяльності та професійної самореалізації. Важливу роль у цьому процесі відіграє цілеспрямований добір принципів, методів і форм виховання, а також дотримання сучасних вимог гуманітаризації освіти та реалізація відповідних педагогічних умов [1].

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що рівень сформованості управлінської культури викладача закладу професійної освіти — низький, середній або високий — визначається низкою показників. Серед них: якість виконання адміністративних функцій, здатність до ефективної комунікації, стиль взаємодії зі студентами та колегами, рівень професійної компетентності, вміння враховувати потреби колективу й студентства, готовність до творчої діяльності та професійного саморозвитку. Важливими критеріями також є відкритість до інновацій, використання сучасних технологій в освітньому процесі та здатність адаптуватися до вимог сучасного суспільства.

У дослідженні обґрунтовано, що одним із ефективних засобів науково-методичного супроводу розвитку управлінської культури майбутнього викладача може виступати кваліметрична модель. Подібні моделі вже використовуються науковцями для оцінювання рівня управлінської культури керівників закладів освіти. Аналіз результатів проведеного анкетування на початковому та завершальному етапах дослідження підтвердив ефективність запропонованої методики.

Також було визначено основні форми роботи, що сприяють розвитку управлінської культури майбутніх викладачів закладів професійної освіти. До них належать самоосвіта, участь у науково-практичних семінарах і конференціях, робота у спеціалізованих дослідницьких групах з проблем освітнього менеджменту, підвищення кваліфікації в системі післядипломної педагогічної освіти. Важливими є також такі інтерактивні форми роботи, як «круглі столи», дискусії, тренінги та ділові ігри, оскільки саме вони забезпечують

поєднання теоретичного засвоєння знань з набуттям практичних управлінських умінь і навичок.

Література:

1. Кравчук О.С. Управлінська культура керівника навчального закладу як чинник ефективного функціонування освітньої установи / О. С. Кравчук // Витоки педагогічної майстерності: зб. наук. праць. – Полтава: Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка (Сер. «Педагог. Науки»). – 2015. – № 15. – С. 119–123.

2. Сипченко О., Гарань Н., Бойко І. Комунікативна компетентність викладача як важлива складова професіоналізму. Гуманізація навчально-виховного процесу, 2022. №2 (102). С. 26–35.

КУЛЬТУРА ПОЧУТТІВ ЯК СКЛАДОВА ПРОФЕСІЙНОГО СТАНОВЛЕННЯ МАЙБУТНЬОГО ФАХІВЦЯ

Федоров К.А., Кузьменко О.Г., доцент кафедри педагогіки, журналістики та міжкультурних комунікацій, к.п.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасна система підготовки майбутніх фахівців характеризується комплексністю та багатогранністю. Поряд із засвоєнням професійних знань, практичних умінь і навичок особливого значення набувають психологічні аспекти професійної діяльності. Це пояснюється тим, що кінцевим результатом роботи спеціаліста будь-якої галузі є не лише виконання професійних функцій, а й ефективне розв'язання організаційних та управлінських завдань. Така діяльність реалізується через взаємодію з іншими людьми — колегами, партнерами, підлеглими. Ефективність цієї взаємодії значною мірою залежить від рівня психологічної підготовленості особистості, знання основ психології, уміння будувати професійне спілкування, переконувати, використовувати дієві форми мовленнєвого впливу, формувати гуманістичний світогляд та цілісне сприйняття навколишнього світу.

Актуальність дослідження визначається наявністю низки суперечностей, виявлених у процесі аналізу психолого-педагогічної літератури. Насамперед це суперечність між потребою підвищення ефективності формування загальної культури педагога, зокрема культури почуттів, та недостатнім рівнем теоретичного й методичного опрацювання цієї проблематики. Крім того, існує невідповідність між потенціалом професійної підготовки у закладах вищої освіти щодо розвитку культури почуттів у здобувачів освіти та рівнем її практичної реалізації. Також актуальною залишається проблема врахування специфіки формування культури почуттів майбутнього фахівця за відсутності достатньо розробленої системи методів, прийомів і засобів цілеспрямованого педагогічного впливу на цей процес.

Питання виховання культури почуттів упродовж тривалого часу перебуває у полі наукових інтересів філософів, психологів, педагогів та етиків. Значний внесок у дослідження цієї проблеми зробили Ян Амос Коменський, Джон Локк, Жан-Жак Руссо, Василь Сухомлинський, Керрол Ізард, Іван Бех, Олександр Киричук, Олена Кононко та інші науковці.

На сучасному етапі дослідниками встановлено низку закономірностей, що стосуються проявів емоційно-чуттєвої сфери особистості педагога. Переважно вони пов'язані з емоційними станами, емоційними властивостями та їх відображенням у структурі особистості. Водночас слід зазначити, що проблема формування культури почуттів майбутніх фахівців досліджувалася переважно фрагментарно, у межах вивчення загальної культури особистості. Окремі аспекти цієї проблематики також розглядалися в контексті розроблення педагогічних технологій, спрямованих на формування професійної культури майбутніх спеціалістів.

Культуру можна визначити як систему духовних цінностей, які особистість засвоює у процесі власної діяльності та життєвого досвіду. Знання набувають справжнього культурного та ціннісного змісту лише тоді, коли вони не просто запам'ятовуються, а стають частиною особистісного досвіду людини.

Культура почуттів сприяє розвитку в особистості здатності розуміти емоційні стани інших людей, регулювати власні емоції та конструктивно реагувати на стресові ситуації без негативного впливу на психічне й фізичне здоров'я. Перебуваючи в емоційно насиченому середовищі, людина реалізує себе через прояв почуттів та емоцій, впливаючи на інших учасників взаємодії, формуючи або трансформуючи емоційний простір спілкування.

Таким чином, культура почуттів виступає важливою складовою загальної культури особистості, оскільки забезпечує здатність сприймати, усвідомлювати, виражати та регулювати як власні емоції, так і емоції інших людей.

Отже, можна зробити висновок, що умови, за яких відбуваються динамічні зміни у структурі особистості здобувача вищої освіти, слід розглядати як умови розвитку та вдосконалення культури почуттів. Особливо важливу роль у створенні таких умов відіграє педагог, який повинен володіти відповідними професійними компетентностями та бути підготовленим до організації емоційно сприятливого освітнього середовища.

Однією з важливих умов формування культури почуттів у здобувачів вищої освіти є створення емоційно сприятливого освітнього середовища у системі вищої освіти. Таке середовище охоплює предметно-просторовий простір, систему міжособистісних взаємин, а також активну діяльність самого студента. Воно сприяє не лише збагаченню та поглибленню культури почуттів майбутніх фахівців, а й розвитку особистісних якостей, необхідних для повноцінного життя в суспільстві, творчої самореалізації та професійного становлення. Для активізації емоційно-творчої діяльності важливо викликати у студентів зацікавленість, емоційний відгук та естетичну реакцію на освітній процес.

Однією з педагогічних умов розвитку культури почуттів може бути організація емоційно розвивального середовища у позанавчальній діяльності, у якій здобувачі вищої освіти беруть активну участь. Такий підхід дозволяє студентам не лише розширювати власний емоційний досвід, а й значно поглиблювати культуру почуттів, розвивати соціальні якості та навички, необхідні для ефективної взаємодії в суспільстві та творчої діяльності.

Результати дослідження динаміки сформованості культури почуттів здобувачів вищої освіти засвідчили позитивні зміни після впровадження додаткової загальноосвітньої програми соціально-педагогічного спрямування «Емоції в іграх». Аналіз отриманих результатів показав, що після участі у програмі студенти стали більш схильними до проявів альтруїзму, готовності допомагати іншим людям та усвідомлювати значущість результатів власної діяльності.

Дослідження показало, що майбутні фахівці набули навичок емоційної саморегуляції та адекватного прояву емоцій у соціальному середовищі. Вони продемонстрували здатність конструктивно реагувати на конфліктні ситуації та знаходити шляхи їх мирного врегулювання.

Крім того, здобувачі вищої освіти з високим рівнем емоційного інтелекту характеризуються кращим усвідомленням власного емоційного стану, що дозволяє їм ефективно контролювати свої емоції. Вони здатні розпізнавати емоційні переживання інших людей, виявляють емпатію, співчуття, готовність вислухати співрозмовника та надати допомогу в складних життєвих ситуаціях.

Отже, результати дослідження підтвердили висунуту гіпотезу про те, що процес формування культури почуттів у здобувачів вищої освіти буде більш результативним за умови чіткого визначення теоретичних засад, сутності та структури цього феномену. Позитивна динаміка рівня сформованості культури почуттів свідчить про те, що студенти

усвідомили можливість розвитку емоційної сфери, а також важливість набуття відповідних умінь і якостей для успішної професійної, суспільної та творчої діяльності.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у розробленні та апробації інноваційних педагогічних технологій формування культури почуттів здобувачів вищої освіти в умовах цифровізації та сучасних соціокультурних викликів.

Література:

1. Скоромна М. В. Роль культури почуттів у професійній діяльності вчителя / М. В. Скоромна // Наука і освіта. – 2013. – № 1-2 / СХІІ. – С.210-213.

2. Харченко І. Теоретико-практичні засади формування культури професійної комунікації майбутніх фахівців з економіки в умовах інформаційно-освітнього середовища ЗВО [Текст] / І. Харченко // Освіта. Інноватика. Практика : науковий журнал / МОН України, Сумський державний педагогічний ун-т ім. А. С. Макаренка ; [редакційна рада: О. В. Семеніхіна, З. Бак, М. П. Вовк та ін.]. – Суми : [СумДПУ ім. А. С. Макаренка], 2021. – Т.8, № 1 – С. 47–57.

РОЛЬ ФІЗИЧНОЇ АКТИВНОСТІ У ФОРМУВАННІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАЙБУТНІХ АГРОІНЖЕНЕРІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Герман М. М. студент І курсу спеціальності Н7 Агроінженерія, Журавльов О. О., викладач

Відокремлений структурний підрозділ «Донбаський аграрний фаховий коледж

Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»

Сучасна система підготовки фахівців аграрної галузі передбачає не лише формування професійних компетентностей, а й підтримання належного рівня фізичної підготовленості. Особливої актуальності це питання набуває в умовах воєнного стану, коли студенти навчаються в умовах підвищеного психологічного навантаження, повітряних тривог, перебоїв з електропостачанням та змін у звичному режимі освітнього процесу. За таких обставин фізична активність стає важливим чинником збереження здоров'я, працездатності та психологічної стійкості молоді.

Метою роботи є визначення ролі фізичної активності у формуванні професійної працездатності майбутніх техніків-механіків в умовах воєнного стану.

Професійна діяльність техника-механіка в аграрній сфері пов'язана з експлуатацією, технічним обслуговуванням і ремонтом сільськогосподарської техніки, контролем її технічного стану та організацією виробничих процесів. Під час виконання таких завдань важливими є фізична витривалість, координація рухів, уважність та здатність тривалий час зберігати концентрацію. Належний рівень фізичної підготовленості сприяє підвищенню продуктивності праці та зниженню ризику виробничого травматизму.

Під час навчання значна частина студентів працює з комп'ютерною технікою, електронними ресурсами та технічною документацією. Малорухливий спосіб життя негативно впливає на функціональний стан організму, призводить до швидкої втоми та зниження фізичної працездатності. Регулярні заняття фізичною культурою дозволяють компенсувати нестачу рухової активності та підтримувати належний фізичний стан.

В умовах воєнного стану фізична активність виконує також важливу психологічну функцію. Постійне інформаційне навантаження, тривожність і невизначеність майбутнього можуть негативно впливати на емоційний стан студентів. Помірні фізичні навантаження сприяють зменшенню нервового напруження, покращують самопочуття та допомагають підтримувати працездатність упродовж навчального дня.

Одним із найбільш доступних видів фізичної активності для студентської молоді є спортивні ігри. Волейбол сприяє розвитку швидкості реакції, спритності, координації рухів

і навичок командної взаємодії. Популярності набуває також пляжний волейбол, який поєднує фізичне навантаження з активним відпочинком на свіжому повітрі. Такі заняття позитивно впливають як на фізичний стан, так і на соціальну адаптацію студентів.

Важливе значення мають заняття у спортивних залах та на відкритих тренажерних майданчиках. Вправи на тренажерах сприяють розвитку сили, витривалості та зміцненню опорно-рухового апарату. Для майбутніх техніків-механіків це має практичне значення, оскільки їхня професійна діяльність передбачає виконання робіт з технічного обслуговування, монтажу та ремонту обладнання.

Особливу увагу необхідно приділяти питанням безпеки під час занять фізичною культурою. В умовах воєнного стану організація тренувань повинна враховувати наявність укриттів поблизу спортивних споруд та порядок дій під час сигналу «Повітряна тривога». Важливим залишається також дотримання правил техніки безпеки під час занять у спортивних залах і на тренажерних майданчиках.

Таким чином, фізична активність є важливою складовою підготовки майбутніх техніків-механіків. Регулярні заняття спортом сприяють розвитку фізичних якостей, необхідних для професійної діяльності, допомагають підтримувати психоемоційну рівновагу та підвищують загальну працездатність. В умовах воєнного стану створення безпечних умов для занять фізичною культурою є важливим чинником збереження здоров'я та успішної підготовки майбутніх фахівців аграрної галузі.

Література

1. Митчик О. П., Тарасюк В. Й., Мороз М. С. Фізичне виховання студентів в умовах обмеження рухової активності // Академічні студії. Серія «Педагогіка». 2023. № 1. С. 110–115. DOI: 10.52726/as.pedagogy/2023.1.16.
2. Круцевич Т. Ю. Теорія і методика фізичного виховання : підручник : у 2 т. Київ : Олімпійська література, 2017.

РОЛЬ ВІЗУАЛЬНОЇ АЙДЕНТИКИ ТА МІНІМАЛІЗМУ В ЦИФРОВІЙ КОМУНІКАЦІЇ ЮВЕЛІРНИХ БРЕНДІВ

Шевченко В. В., Ріпка Г. А. к.т.н., доцент, Березненко С. М. д.т.н., професор
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Ювелірна галузь традиційно належить до найконсервативніших сегментів споживчого ринку, де візуальна комунікація десятиліттями підпорядковувалася усталеним «кодам розкоші»: золотому орнаменту, каліграфічним шрифтам із засічками та темним фонам. Проте вихід на ринок покоління міленіалів і зумерів, що цінують повсякденну естетику та самовираження, докорінно змінив ці правила. Сьогодні значна частина взаємодії споживача з брендом відбувається виключно у цифровому просторі — через вебсайт, соціальні мережі або маркетплейси — і рішення про покупку нерідко ухвалюється без будь-якого фізичного контакту з виробом.

За таких умов якість і послідовність візуальної айдентики перетворюються зі стилістичного вибору на стратегічний інструмент. Разом із тим малі та середні ювелірні бренди, що становлять переважну більшість гравців ринку, здебільшого не мають цілісної системи фірмового стилю: логотип, кольорова палітра, типографіка та фотографічний підхід існують як розрізнені елементи, не пов'язані спільною концепцією. Дизайнерська непослідовність породжує фрагментарність образу бренду в різних цифрових каналах, ускладнює впізнаваність і знижує довіру аудиторії. Проблема полягає у відсутності системного розуміння того, як мінімалістичний підхід до айдентики може слугувати ефективним і практично реалізованим інструментом цифрової комунікації для невеликих ювелірних марок.

Мінімалізм як дизайнерська концепція сформувався на перетині кількох культурних течій ХХ століття. Його теоретичне підґрунтя заклала школа Баухауз (1919–1933), що проголосила підпорядкування форми функції та виразила цей принцип у девізі Людвіга Міса ван дер Роє «менше — це більше» [1]. Паралельно японська естетика дзен із концепцією ма — осмисленої порожнечі як активного елемента композиції — привнесла у мінімалізм філософський вимір: простір «між» не є відсутністю, а умовою, що дає предметам «місце для дихання» і підсилює їхню сутність. У 1960-х роках американський мінімалізм в образотворчому мистецтві закріпив відмову від декору на користь чистої форми та просторових відносин.

Актуальність мінімалізму у сучасному цифровому середовищі пояснюється через особливості сприйняття інформації: прості візуальні структури обробляються швидше та з меншими когнітивними зусиллями, що сприяє формуванню довіри до бренду. В умовах інформаційного перевантаження мінімалістичні рішення легші для сприйняття та концентрують увагу користувача на суттєвих елементах візуального повідомлення.

Система візуальної айдентики складається з кількох взаємопов'язаних елементів. Логотип є ключовим ідентифікатором, через який відбувається первинне впізнавання бренду. Швидка взаємодія з брендом в умовах цифрового середовища встановлює обмежений час для формування цілісного образу у свідомості користувача. Крім того, для ювелірної сфери важливою вимогою до знака є масштабованість — здатність зберігати чіткість від мікроносія (наприклад, бірка, фавікон) до великоформатного банера. Колірна система виступає швидким каналом візуального розпізнавання: послідовне використання обмеженої палітри підсилює цілісність образу бренду. В кольорі для ювелірного сегменту характерне тяжіння до стриманих нейтральних відтінків — піску, теплого бежу, графіту, глибокого чорного — які не конкурують із блиском металу й дорогоцінного каміння, а слугують для них тлом. Такі кольорові рішення часто асоціюються з концепцією «тихої розкоші», що підкреслює стриманість і якість без демонстративності [2]. Типографіка у

мінімалістичній системі перетворюється на головний носій характеру бренду: гротески транслиують сучасність і функціональність, антикви — спадковість та елегантність. Фотографічний стиль компенсує відсутність тактильного контакту з виробом: стандартизовані освітлення, кольорокорекція та візуальна послідовність формують довіру та підсилюють сприйняття якості.

Кожен цифровий канал висуває до айдентики специфічні вимоги, що визначають умови її адаптації. Вебсайт є основним середовищем формування довіри: користувачі оцінюють надійність бренду через візуальну якість інтерфейсу та зручність взаємодії. Мінімалістичний інтерфейс із переважанням негативного простору, високоякісними зображеннями та інтуїтивною навігацією дозволяє зосередити увагу на виробі. Соціальні мережі вимагають системності на рівні стрічки: окремі публікації мають підтримувати єдину візуальну логіку та формувати цілісний образ бренду. Пакування прикрас також є продовженням цифрової комунікації, інтегруючись у досвід взаємодії з продуктом і стаючи частиною публічного візуального контенту.

Мінімалістична, послідовна айдентика є обґрунтованою стратегією для ювелірних брендів у цифровому середовищі. Узгодженість візуальних елементів у різних каналах сприяє формуванню впізнаваного образу, підвищує довіру та полегшує масштабування бренду. Для малого бізнесу така система є практичним рішенням: обмежений набір чітко визначених елементів дозволяє підтримувати стабільність візуальної комунікації без значних ресурсних витрат. Простота дизайнерської форми не зменшує виразності виробу, а підсилює її.

Література

1. Sugandha Gumber. Minimalism in Design: A Trend of Simplicity in Complexity. 2023. URL: <https://www.researchgate.net/publication/376798535> (дата звернення: 17.04.2026)
2. Charles R. Taylor, Benjamin Borenstein, Aniruddha Pangarkar. What, no logos? Why some minimalists prefer quiet luxury. 2024. URL: <https://www.researchgate.net/publication/383849999> (дата звернення: 18.04.2026)

МОРАЛЬНО-ЕТИЧНИЙ РОЗВИТОК МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРЕДМЕТІВ МИСТЕЦЬКОГО ЦИКЛУ: КІЛЬКІСНІ ТА ЯКІСНІ ВИМІРИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕДАГОГІЧНОЇ МОДЕЛІ

Жуков В.П., доктор філософії, доцент, докторант

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

Висновки цього дослідження ґрунтуються на даних, отриманих із трьох джерел: опитувань до та після впровадження моделі, напівструктурованих інтерв'ю та рефлексивних щоденників. Разом вони дають цілісне уявлення про те, як запропонована модель вплинула на морально-етичний розвиток майбутніх учителів предметів мистецького циклу. Аналіз поєднав кількісні та якісні результати, що дозволило оцінити ефективність моделі з урахуванням тонких нюансів.

З кількісної точки зору, опитування, адаптовані за Т. Ліконою [2] та М. Сенгером [4], було проведено серед 52 студентів двох програм мистецької освіти. Вони вимірювали етичні установки та рівень моральних міркувань на початку й наприкінці пілотного проєкту. Учасники показали статистично значуще зростання ($p < .05$) у відчутті етичної відповідальності та обізнаності. Хоча ефект був помірним, це свідчить, що структуровані дискусії про цінності разом із рефлексивною мистецькою діяльністю можуть підвищити чутливість до етичних питань в аудиторії.

Подібні результати отримано й за шкалою «Моральна аргументація»: учасники продемонстрували статистично значуще покращення ($p < .05$). Це підтверджує, що включення морально-етичних компонентів у підготовку вчителів предметів мистецького циклу допомагає їм краще розпізнавати та аналізувати моральні дилеми. Водночас невелика вибірка та короткий період дослідження (один семестр) вказують на необхідність обережної інтерпретації цих результатів.

Кореляційний аналіз показав: ті учасники, які регулярно відвідували рефлексивні семінари та активно брали участь у спільних мистецьких проєктах, повідомляли про вищий рівень моральних міркувань та етичних установок. Хоча кореляція не доводить причинно-наслідковий зв'язок, вона підкреслює важливість постійного занурення у ключові елементи моделі – дискусії, мистецькі завдання та взаємну критику.

Якісні дані з інтерв'ю та щоденників доповнили кількісні результати. П'ятнадцять учасників інтерв'ю розповіли про зростання етичної чутливості, наводячи приклади усвідомлення моральних наслідків у плануванні уроків чи виборі мистецьких матеріалів. Один із респондентів зазначив, що став уважнішим до інклюзивності, адже мистецькі приклади можуть ненавмисно маргіналізувати певні культурні перспективи. Багато хто відзначив групові дискусії та тематичні дослідження як каталізатори вдосконалення підходів до вирішення моральних проблем. Спираючись на концепції Л. Колберга [1] та Н. Ноддінгса [3], учасники відчули себе краще підготовленими до роботи зі складними темами.

Творчий процес також став важливим інструментом морального пошуку. Завдяки урокам, орієнтованим на соціальну справедливість, та проєктам для широкого загалу учасники інтегрували емпатію, рівність і культурну чутливість у свої методи викладання. Записи у щоденниках підтвердили це: студенти регулярно наголошували на самоаналізі та особистісному зростанні, долаючи власні упередження й усвідомлюючи відповідальність за майбутню роль учителя.

Попри позитивні результати, учасники відзначали й труднощі. Жорсткі вимоги навчальної програми іноді обмежували простір для етичних дискусій. Дехто сумнівався, чи можна через мистецтво безпечно обговорювати теми расизму чи гендерної ідентичності. Водночас колективна співпраця (групова критика та спільне вирішення проблем)

створювала підтримувальне середовище, що посилювало відчуття моральної відповідальності.

Синтез кількісних і якісних даних дозволив зробити кілька висновків:

- навички морального мислення можна розвивати навіть за короткий час, якщо програма включає етично спрямовані завдання;
- творча природа мистецької освіти особливо сприяє осмисленню моральних тем;
- інституційна підтримка, наставництво та доступні ресурси є критично важливими для успіху моделі.

Підсумовуючи, результати свідчать: структуровані етичні рамки в підготовці вчителів мистецьких дисциплін позитивно впливають на їхню моральну свідомість і здатність до етичних міркувань. Попри скромні ефекти та обмеження, поєднання кількісних досягнень і якісних спостережень показує, що мистецькі дослідження, рефлексивні дискусії та наставництво можуть стати основою для глибшої інтеграції моральних принципів у педагогічну практику.

Література

1. Kohlberg L. *The Psychology of Moral Development: The Nature and Validity of Moral Stages*. San Francisco : Harper & Row, 1984. 729 p.
2. Lickona T. *Educating for Character: How Our Schools Can Teach Respect and Responsibility*. New York : Bantam Books, 1991. 477 p.
3. Noddings N. *Starting at Home: Caring and Social Policy*. Los Angeles : University of California Press, 2002. 366 p.
4. Sanger M. N. *What we need to prepare teachers for the moral nature of their work*. *Journal of Curriculum Studies*. 2008. Vol. 40(2). P. 169–185.

ШЕВЧЕНКІВСЬКА ТРАДИЦІЯ НАРОДНОЇ УКРАЇНИ В ПОЕЗІЇ СХОДУ УКРАЇНИ

Салінко Р. І. здобувач вищої освіти першого бакалаврського рівня,

Пустоварова О. О., старший викладач

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Творчість Тараса Шевченка стала основою розвитку української національної літератури та визначила формування світоглядних орієнтирів багатьох поколінь письменників. Одним із митців, у творчості якого шевченківська традиція отримала нове художнє втілення у другій половині ХХ століття, став Василь Голобородько – поет родом із Луганщини, чия творчість ґрунтується на фольклорній образності, народному світобаченні та глибокому зв'язку з українською культурною традицією.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю переосмислення ролі письменників сходу України у формуванні національної культурної спадщини. Особливої ваги ця проблема набуває сьогодні, коли відбувається переоцінка внеску східноукраїнських митців у розвиток української літератури та національної свідомості.

Метою дослідження є визначення особливостей творчості Василя Голобородька як продовження шевченківської традиції народної України та виявлення спільних світоглядних і художніх засад у творчості обох поетів.

Формування Василя Голобородька як митця відбувалося в умовах Луганщини – регіону, де українська культура в радянський період перебувала під значним ідеологічним та мовним тиском. Важливу роль у становленні поета відіграли народні традиції, фольклорне середовище та сільський спосіб життя. Уже в ранній творчості Голобородько усвідомлював українське слово не лише як засіб художнього вираження, а як важливий чинник збереження національної ідентичності.

Подібно до Тараса Шевченка, Василь Голобородько звертається до народної культури як до джерела художнього мислення. Якщо для Шевченка фольклор був основою формування національного образу світу, то для Голобородька він стає способом збереження історичної пам'яті та духовного досвіду українського народу в умовах радянської дійсності. Поет активно використовує елементи народної творчості, символіку, міфологічні образи та особливості народного мовлення.

Характерною рисою поезії Голобородька є органічне поєднання реального й казкового світів. У його творах природа, рослини, птахи та предмети побуту часто постають живими учасниками подій. Такий спосіб художнього мислення має глибоке коріння в українському фольклорі та перегукується з поетикою Тараса Шевченка, який також широко використовував народну символіку для розкриття моральних і національних проблем.

Особливого значення у творчості Голобородька набуває мова. Поет свідомо звертається до народної лексики, прислів'їв, приказок і фольклорних конструкцій. Для нього слово є носієм культурної пам'яті народу. Подібне ставлення до мови було характерним і для Шевченка, який розглядав українське слово як основу духовного існування нації. Саме тому мовне питання посідає важливе місце в художньому світі обох митців.

На відміну від багатьох представників літератури опору, Голобородько рідко звертається до відкритої публіцистичності. Його національна позиція виявляється через символ, метафору та міфопоетичний образ. Такий художній спосіб висловлення дозволяв поетові зберігати українські культурні смисли навіть в умовах жорсткої цензури. Завдяки цьому його творчість стала своєрідною формою духовного спротиву та збереження національної пам'яті.

Особливе значення постать Василя Голобородька має для культурної історії Луганщини. Його творчість спростовує поширені уявлення про культурну периферійність сходу України та доводить, що цей регіон є важливою складовою українського культурного простору. Через поезію Голобородька простежується тяглість української традиції, яка зберігалася навіть у несприятливих історичних умовах.

Отже, творчість Василя Голобородька є яскравим прикладом розвитку шевченківської традиції народної України в літературі XX століття. Спираючись на фольклор, народну мову та міфопоетичне бачення світу, поет продовжив ідеї, закладені Тарасом Шевченком, надавши їм нового звучання відповідно до історичних реалій своєї доби. Його творчість засвідчує неперервність української культурної традиції та вагомий внесок сходу України у формування національної літератури.

ШЛЯХ ДО ВОЛІ: ТЯГЛІСТЬ УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВОТВОРЕННЯ ТА РОЛЬ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕЛІТИ

Александрос ГРАФОВ, учень 11 класу, Попова Лілія Михайлівна, вчитель історії
*Ліцей зі структурним підрозділом гімназії №6, Покровської міської ради
Донецької області*

Українська державність має понад тисячолітню історію, яка пронизана традиціями демократичного конституціоналізму та неперервною боротьбою за право на самовизначення. Сучасний Акт проголошення незалежності 1991 року став не просто здобуттям, а логічним кроком до відновлення самостійності, коріння якої сягає часів Київської Русі, козацької держави Богдана Хмельницького та Української революції 1917–1921 років.

Київська Русь стала тим фундаментом, з якого розпочалося зведення української державності, об'єднавши слов'янські політичні центри навколо Києва. Важливим етапом розвитку стало українське козацтво, яке у XV–XVIII століттях виконувало не лише військову функцію, а й стало окремою верствою, що сформувала підвалини національної свідомості та культурних традицій. Козацька спадщина і сьогодні залишається символом патріотизму та свободи для українського суспільства.

У складних соціально-економічних умовах XIX ст., за відсутності власної держави, саме національна інтелігенція стала історико-культурним механізмом політичної соціалізації нації. Діячі Кирило-Мефодіївського братства, а пізніше «Громади», виступили на захист національної гідності, права на власну історію та мову.

Дослідницька діяльність таких постатей, як М. Максимович, М. Костомаров та П. Куліш, перетворила фольклор та історію на інструменти пробудження національної енергії. Важливим етапом стала дискусія про самобутність української мови, яку І. Срезневський та І. Могилевський відстоювали як показник духовного життя народу, а не просто «діалект». На межі століть праця М. Міхновського «Самостійна Україна» остаточно сформувала політичну візію: «Україна для українців».

Доба Української революції ознаменувалася створенням УНР та Гетьманату Павла Скоропадського, що заклали основи сучасних державних інституцій: армії, дипломатії та фінансової системи. Незважаючи на воєнний час, цей період став часом неймовірного культурного будівництва.

Уряд Скоропадського заснував Українську Академію наук, Національну бібліотеку та галерею мистецтв. Георгій Нарбут створив проекти Державного Герба, Печатки та перших українських банкнот, поєднавши традиції стародруків із модерними європейськими підходами.

У 20–40-х роках XX століття Організація Українських Націоналістів (ОУН) розглядала культурно-освітню роботу як невід'ємну частину боротьби за державність. ОУН вела активний спротив полонізації та русифікації через мережу читалень «Просвіти», самоосвітні гуртки та юнацькі структури. Провідні ідеологи, такі як О. Ольжич, наголошували, що нова культура має базуватися на двох координатах: національності та героїчності. ОУН створила цілісну систему націоналістичного виховання, щоб підготувати кадри для майбутньої незалежної держави.

Сьогодні Україна знову перебуває на вістрі боротьби з російською агресією, яка є продовженням імперської політики нищення української ідентичності. Агресія РФ, окупація Криму та Донбасу, а також просування ідеології «руського мира» через релігійні та інформаційні канали становлять пряму загрозу національній безпеці.

Боротьба з російською агресією: Сучасне протистояння є продовженням столітньої імперської політики Росії, яка не здатна повноцінно існувати без контролю над Україною.

Окупація Криму та Донбасу, гібридна війна та політичний шантаж є викликами не лише для України, а й для всієї європейської безпекової системи. Досвід минулого вчить: зволікання з рішучою відсіччю агресору призводить до руйнації демократичних цінностей у всьому світі. Агресивна політика РФ має глибоке історичне коріння, що бере початок у періодах Російської імперії та СРСР, де десятиліттями реалізовувалася стратегія заперечення української самобутності. Сучасний рашизм виступає ідейним спадкоємцем більшовицького тоталітаризму, відтворюючи неоімперські наративи та культ сили. Ідеологічною основою цієї агресії став концепт «руського міра», який використовує освіту, науку та релігію, як інструменти геополітичного впливу та маніпуляції свідомістю. Головною метою цієї війни західні аналітики називають «викорінення усіх слідів української ідентичності».

Війна стала потужним тригером змін у масовій свідомості українців, спричинивши кардинальне зміцнення загальнонаціональної ідентичності та різке зменшення показників радянсько-російських орієнтацій. З початку повномасштабного вторгнення відбувся злам традиційного сприйняття себе як «знедоленого населення» — на зміну йому прийшло усвідомлення спільноти, здатної на рішучий спротив.

Значно змінилося ставлення громадян до символічних цінностей державності. Якщо у 2015 році Державним прапором пишалися 47,9% громадян, то у 2023 році цей показник зріс до 74,9%. Аналогічні тенденції зафіксовані щодо Державного герба (74,4%), Гімну (68,9%) та української мови (74,4%). Важливою складовою громадянської позиції стали волонтерство та добровольчий рух, які об'єднали суспільство навколо захисту суверенітету

Сьогодні, можна стверджувати, що сучасна українська державність є результатом тисячолітнього процесу самовизначення, який пройшов шлях від княжих часів Київської Русі та козацького конституціоналізму до відновлення незалежності у 1991 році. Історія доводить, що цей шлях не був випадковим, а став логічним наслідком інституційної тягlosti та невтомної праці національної еліти.

Отже, вільна Україна є запорукою стабільної Європи. Тільки через консолідацію суспільства навколо національної ідеї, розвиток високоморальної культури та професійну розбудову державних інституцій український народ зможе остаточно утвердитися як повноправний господар власної долі на своїй землі. Вивчення героїчного та трагічного досвіду попередників (від УНР до ОУН) є тим необхідним уроком, який дозволяє уникнути помилок минулого та збудувати незламну державу майбутнього.

ДНІПРОВА ЧАЙКА: КУЛЬТУРНИЙ СИМВОЛ ТА ЛІТЕРАТУРНА СПАДЩИНА ХЕРСОНЩИНИ

Антонюк М.В., учень, Гречановська І.В., учитель української мови і літератури
*Михайлівський ліцей Новомиkolaївської сільської ради Скадовського району
Херсонської області*

2026 рік на Херсонщина проголошено роком Дніпрової Чайки з нагоди 165-річчя від дня її народження. Це важлива культурна подія для південного регіону України, адже життя і творчість письменниці тісно пов'язані з Херсонським краєм. Її літературна спадщина стала невід'ємною частиною української культури, а твори й сьогодні залишаються актуальними завдяки патріотичному звучанню, глибокому ліризму та народній основі.

Дніпрова Чайка (справжнє ім'я – Людмила Олексіївна Березіна-Василевська) народилася 1 листопада 1861 року в селі Карлівці Ананіївського повіту Херсонської губернії [1, с. 3]. Нині це село Зелений Яр Миколаївської області. Через кілька років родина переїхала до Таврії – у Малу Маячку, де минули дитячі роки майбутньої письменниці. У своїй автобіографії вона згадувала: «Отут пройшло моє дитинство на половину» [1, с. 4].

Важливе місце у житті Дніпрової Чайки займав Херсон. Саме тут вона навчалася у жіночій гімназії, брала участь у педагогічних з'їздах, долучалася до просвітницької діяльності та українського культурного руху. У Херсоні письменниця познайомилася з представниками української інтелігенції: Микола Лисенко, Марія Заньковецька, Іван Карпенко-Карий, Панас Саксаганський та іншими діячами культури [1, с. 15].

Особливий вплив на творчість письменниці мала природа Херсонщини – степи, плавні, Дніпро, морські простори. Саме тому у її творах часто зустрічаються образи хвиль, вітру, неба, сонця та широкого степу. Письменниця записувала народні пісні у Збур'ївці, Голій Пристані, Олешках, досліджувала побут і мову населення краю [1, с. 27].

Перші твори Дніпрової Чайки були надруковані в одеському альманасі «Нива» у 1885 році. Серед них – поезія «Пісня», у якій авторка майстерно поєднала народнопісенні мотиви з глибокими особистими переживаннями. У творі важливу роль відіграють традиційні фольклорні образи зозулі та солов'я.

Початок поезії сповнений смутку й тривоги:

Закувала зозуленька

В зеленім саду,

Зачуяло моє серце

Горе та біду [2, с. 237].

Образ зозулі символізує тугу, самотність і жіночу долю. Натомість соловей асоціюється з надією та мрією про щастя:

Про кохання він співає,

Весь садочок зник, –

Щастя, долю обіщає

Пташка-чарівник [2, с. 237].

Однак лірична героїня вже втратила віру в щастя:

Вже я щастя, вже я долі

Мабуть, не найду! [2, с. 238].

Фінальні рядки поезії передають глибокий душевний біль:

Закуй, закуй жалібніше,

Сивая моя,

Нехай вони засумують,

Як сумую я [2, с. 238].

Поезія «Пісня» вирізняється мелодійністю, щирістю та близькістю до української народної творчості.

Важливе місце у творчості Дніпрової Чайки посідає громадянська лірика. Особливо виразно це простежується у поезії «Війна не вгає», де авторка засуджує війну та закликає народ до єдності.

Уже перші рядки створюють драматичний настрій:

Війна не вгає, війна клекотить,

Народ на народ, ворогуючи, рине... [2, с. 312].

Авторка показує жахи війни, людські втрати й духовне спустошення:

Аж глянь: виростають лиш рясно могили,

Та диха зневір'я лихий суховій [2, с. 313].

Водночас у творі звучить заклик до взаємопідтримки та боротьби за рідний край:

Нехай на підмогу братам поспішає

І втомлених, чим тільки може, крепить [2, с. 313].

Особливого патріотичного звучання набувають рядки:

Та віра, як прапор, відвагу приносить

В зневірений розум, у душі слабій [2, с. 314].

Поезія утворює ідеї братерства, духовної сили та віри у перемогу добра.

Дніпрова Чайка зробила значний внесок і в розвиток української дитячої літератури. Саме в Херсоні вона створила лібрето дитячих опер «Коза-дереза», «Пан Коцький», «Весна-красна». Над музичним оформленням цих творів працював Микола Лисенко [1, с. 18]. Опера «Коза-дереза» вперше була поставлена в Херсоні у 1886 році.

Творчість письменниці тісно пов'язана з українським фольклором. Вона прагнула зберегти живу народну мову, традиції, пісню. Її твори вирізняються образністю, мелодійністю та багатством народної лексики.

Важливе місце у творчій спадщині Дніпрової Чайки займають поезії в прозі. Саме в цьому жанрі письменниця особливо тонко передавала внутрішній світ людини, її духовні переживання, тривоги та мрії. Поезії в прозі вирізняються ліризмом, музичністю мови, символізмом та глибокою емоційністю.

Одним із найвідоміших творів цього жанру є «Морське серце». У ньому авторка через образ моря передає мінливість людської душі, її силу та водночас вразливість. Морська стихія у творі стає символом життя, неспокою й прагнення до свободи. Відчутний зв'язок твору з південним краєм України, морськими просторами Херсонщини та Таврії.

Не менш символічною є поезія в прозі «Дівчина-чайка». Уже сам образ чайки має автобіографічне звучання, адже птах чайка став частиною літературного псевдоніма письменниці. У творі чайка символізує волю, самотність і духовний політ людини. Авторка змальовує героїню ніжною, але внутрішньо сильною, здатною протистояти життєвим труднощам.

У поезіях у прозі Дніпрової Чайки важливу роль відіграють картини природи – степ, море, хвилі, вітер, сонце. Природа у її творах не лише тло подій, а живий учасник переживань людини. Саме тому дослідники вважають, що південний український колорит став однією з визначальних рис її творчого стилю [3, с. 214].

Поезії в прозі письменниці збагатили українську літературу новими художніми формами та стали важливою частиною літературної спадщини Херсонщини.

У 1905 році за участь у громадській діяльності та підтримку політичних в'язнів Дніпрову Чайку було заарештовано [1, с. 41]. Попри труднощі, вона залишалася вірною українській культурі та продовжувала працювати для народу.

Отже, Дніпрова Чайка є однією з найяскравіших представниць літературної спадщини Херсонщини. Її творчість поєднує любов до рідного краю, глибокий патріотизм, народну

мудрість і віру в духовну силу українського народу. Проголошення 2026 року роком Дніпрової Чайки на Херсонщині є важливим кроком у вшануванні пам'яті письменниці та популяризації її творчої спадщини серед сучасного покоління.

Література

1. Крат А. Херсонські сторінки життєпису Дніпрової Чайки // Дніпрова Чайка : літературні розвідки, бібліографічні нариси. – 2-ге вид. – Херсон, 1997. – 56 с.
2. Дніпрова Чайка Твори. – К. : Державне видавництво художньої літератури, 1960. – 558 с.
3. Історія української літератури кінця XIX – початку XX століття. – К. : Наукова думка, 2005. – 320 с.
4. Антологія української дитячої літератури. – К. : Веселка, 2003. – 256 с.

ОБРАЗ ПРИРОДИ В УКРАЇНСЬКІЙ ЛІТЕРАТУРІ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ МОЛОДІ

Герман М. М. студент I курсу спеціальності Н7 Агроінженерія, Кузнецова Н. В., викладач
*Відокремлений структурний підрозділ «Донбаський аграрний фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»*

У сучасному світі проблема збереження природи стає дедалі важливішою. Людство стикається із забрудненням довкілля, виснаженням ґрунтів, зникненням лісів, змінами клімату та наслідками воєн. Для України ця проблема сьогодні особливо болюча, адже війна завдає значної шкоди не лише містам і людям, а й природному середовищу. Через бойові дії руйнуються ліси, забруднюються водойми, виникають пожежі, знищуються поля та природні території. Саме тому тема гармонії людини і природи, яка багато років порушувалась в українській літературі, набуває нового змісту.

Українські письменники у своїх творах неодноразово показували, що природа є не лише частиною навколишнього світу, а й духовною основою життя людини. Через образи рідної землі, лісу, річки чи поля автори передавали любов до України, народні традиції та відповідальність людини перед природою.

Одним із найяскравіших творів, у яких розкривається гармонія людини і природи, є повість Михайла Коцюбинського “Тіні забутих предків”. У творі Карпати постають живим світом, який формує характер і світогляд людини. Для гуцулів природа є частиною повсякденного життя. Вони не намагаються підкорити її, а живуть відповідно до її законів. Через образ Івана автор показує людину, яка відчуває єдність із навколишнім світом. Герой тонко сприймає красу гір, шум Черемошу, звуки лісу. Навіть кохання Івана та Марічки нерозривно пов’язане з природою Карпат. Саме через це повість сьогодні можна сприймати не лише як художній твір, а і як нагадування про необхідність збереження гармонії між людиною та природою.

Подібні мотиви присутні й у драмі-феєрії Лесі Українки «Лісова пісня». У цьому творі природа має власний голос і власну душу. Ліс у творі є окремим світом, у якому все взаємопов’язане. Через образ Мавки авторка показує красу природи та духовну чистоту людини, яка здатна жити в гармонії з навколишнім середовищем. Водночас у творі помітне застереження щодо байдужого ставлення людини до природи. Прагнення жити лише матеріальними цінностями поступово руйнує гармонію між людиною і світом природи.

Тема духовного зв’язку людини з рідною землею простежується і в творчості Тараса Шевченка. У його поезії природа нерозривно поєднується з образом України. Верби, степи, Дніпро, вишневі сади стали не лише художніми образами, а й символами Батьківщини та народної пам’яті. Через описи природи поет передавав любов до рідного краю та переживання за долю українського народу.

Особливе місце образ природи займає і у творі Олександра Довженка «Зачарована Десна». Автор із великою теплотою згадує рідне село, річку, сади, працю на землі та дитячі враження. У цьому творі природа є джерелом людської пам'яті та духовної сили. Саме через любов до рідної землі формується світогляд людини та її ставлення до життя. Сьогодні ці твори набувають особливого значення. Через війну багато українців були змушені залишити рідні міста й села. Для багатьох людей особливо цінними стали спогади про природу дитинства, рідне поле, ліс чи річку. Саме тому образ природи в українській літературі викликає сильний емоційний відгук, адже нагадує про дім, пам'ять та зв'язок із Батьківщиною.

Важливою ця тема є і для сучасної аграрної сфери. Майбутні фахівці агроінженерної галузі повинні не лише працювати із сучасною технікою, а й усвідомлювати значення збереження природних ресурсів. Родючі ґрунти, чиста вода та екологічна рівновага є основою майбутнього сільського господарства України. Саме тому проблема відповідального ставлення до природи сьогодні стосується не лише екологів чи науковців, а й майбутніх фахівців аграрного сектору.

Отже, українська література через образ природи зберігає духовний зв'язок людини з рідною землею та нагадує про відповідальність перед навколишнім світом. Твори Михайла Коцюбинського, Лесі Українки, Тараса Шевченка та Олександра Довженка сьогодні звучать особливо актуально, оскільки допомагають усвідомити важливість збереження природи, національної пам'яті та гармонії людини з навколишнім середовищем.

Література

1. Шевченко Т. Г. Кобзар. Вперше зі щоденником автора. Харків : Клуб Сімейного Дозвілля, 2022. 960 с.
2. Коцюбинський М. Тіні забутих предків ; Дорогою ціною : вибрані твори. Харків : Клуб Сімейного Дозвілля, 2024. 352 с.
3. Українка Леся. Лісова пісня. Київ : АТЕНА BOOKS, 2024. 224 с.
4. Довженко О. Зачарована Десна. Харків : Фоліо, 2023. 152 с.

ВОЛОДИМИР СОСЮРА ЯК ПРОДОВЖУВАЧ ШЕВЧЕНКІВСЬКОЇ ТРАДИЦІЇ НА СХОДІ УКРАЇНИ

Салінко Г. О. здобувач вищої освіти першого бакалаврського рівня,

Пустоварова О. О., старший викладач

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Творчість Тараса Шевченка стала основою формування української національної свідомості та справила визначальний вплив на розвиток української літератури. Його ідеї любові до Батьківщини, поваги до рідної мови та відповідальності митця перед народом продовжували розвиватися у творчості наступних поколінь письменників. Одним із найяскравіших продовжувачів шевченківської традиції у ХХ столітті став Володимир Сосюра – поет, чия творчість сформувалася на сході України та стала важливою складовою української культурної спадщини.

Актуальність дослідження полягає у необхідності переосмислення ролі східноукраїнського регіону в розвитку української культури. У суспільстві тривалий час існували уявлення про віддаленість сходу України від національних культурних процесів. Проте життєвий шлях і творчість Володимира Сосюри переконливо доводять, що саме цей регіон дав Україні поета, який став одним із найпошлюбніших захисників українського слова та національної ідеї.

Метою дослідження є визначення особливостей творчості Володимира Сосюри як продовження світоглядних і художніх засад, закладених Тарасом Шевченком.

Світогляд Володимира Сосюри формувався в умовах індустріального Донбасу. Майбутній поет зростав у робітничому середовищі, де щоденне життя було пов'язане з важкою працею та соціальними труднощами. Водночас саме в юнацькі роки він відкрив для себе українську літературу, а особливе місце серед прочитаного посів «Кобзар» Тараса Шевченка. Твори Шевченка стали для Сосюри не лише літературним взірцем, а й джерелом національного самоусвідомлення. Через шевченкове слово він глибше зрозумів історію українського народу, його прагнення до свободи та право на власну культурну самобутність.

Шевченківська традиція у творчості Сосюри проявляється насамперед через осмислення образу України. Для обох поетів Батьківщина постає не як абстрактне поняття, а як жива духовна реальність. Україна у творах Сосюри пов'язана з особистими переживаннями, пам'яттю дитинства, любов'ю до рідної землі та відповідальністю за її майбутнє. Таке розуміння перегукується з творчістю Тараса Шевченка, для якого доля України була центральною темою поезії.

Найяскравіше ця світоглядна спорідненість виявилася у вірші «Любіть Україну». У творі любов до Батьківщини подається як моральний обов'язок кожної людини. Поет закликає берегти рідну землю, шанувати її культуру та мову. Подібний підхід був характерний і для Шевченка, який розглядав патріотизм не як декларацію, а як внутрішню потребу людини жити в єдності зі своїм народом.

Важливою рисою творчості Сосюри є також тема відповідальності поета перед суспільством. Його літературна діяльність припала на складний період історії, коли українська культура перебувала під постійним ідеологічним контролем. Попри це, поет не відмовився від права відкрито говорити про Україну. Його твори засвідчують прагнення зберегти національну пам'ять і донести до читачів духовні цінності українського народу. У цьому простежується спорідненість із Тарасом Шевченком, який також зазнавав переслідувань за свою громадянську позицію.

Окремої уваги заслуговує мовне питання. Використання української мови в умовах русифікованого середовища сходу України було для Сосюри свідомим світоглядним вибором. Поет доводив власною творчістю, що українське слово може повноцінно розвиватися в будь-якому регіоні держави. Саме в цьому проявляється продовження шевченківської ідеї про мову як основу національного існування та духовної єдності народу.

Творчість Володимира Сосюри має важливе значення для осмислення культурної історії сходу України. Вона переконливо спростовує поширені стереотипи про нібито відсутність національних традицій у цьому регіоні. Поет, який народився і сформувався на Донбасі, став одним із найвідоміших співців України та її духовних цінностей. Його життєвий шлях доводить, що українська культура є цілісною та розвивається в усіх регіонах держави.

Отже, Володимир Сосюра є одним із найяскравіших продовжувачів шевченківської традиції в українській літературі XX століття. Його творчість ґрунтується на тих самих цінностях, які відстоював Тарас Шевченко: любові до Батьківщини, повазі до рідної мови, прагненні правди та відповідальності перед народом. Постать Сосюри є важливим свідченням тяглості української культурної традиції на сході України та її незмінної актуальності в сучасному суспільстві.

ПСИХОЛОГІЧНІ ТА СОМАТИЧНІ АСПЕКТИ ПАНІЧНИХ АТАК В УМОВАХ ХРОНІЧНОГО ВОЄННОГО СТРЕСУ

Бережна С.В.

Національна психологічна асоціація

Військові дії зумовлюють тривалий деструктивний вплив на психічне здоров'я населення. Постійна загроза життю, звуки повітряних тривог та загальна непередбачуваність майбутнього провокують стан хронічного стресу навіть у відносно безпечних регіонах України. Одним із найпоширеніших клінічних проявів цього стану є панічні атаки, частота фіксації яких серед українців стрімко зростає.

Відповідно до сучасних класифікаторів (DSM-5, МКХ-11), панічна атака - це гострий напад інтенсивного страху або тривоги, який виникає раптово, досягає піку протягом кількох хвилин і триває в середньому близько 20 хвилин. Панічні атаки є не просто емоційною реакцією, а патологічним станом, що потребує кваліфікованої допомоги. Повторювані напади суттєво знижують якість життя, трансформуючись у панічний розлад, агорафобію, психосоматичні порушення та призводять до соціальної ізоляції індивіда. За світовою статистикою, щонайменше один епізод панічної атаки переживає кожен п'ятий мешканець планети, проте в умовах війни цей показник може бути значно вищим.

Виникнення панічних атак є мультифакторним процесом, зумовленим такими чинниками:

нейроендокринний дисбаланс - раптовий викид гормонів стресу (адреналін, норадреналін, кортизол) на тлі хронічно зниженого порогу чутливості нервової системи;

хронічний стресовий фон - виснаження компенсаторних механізмів ЦНС унаслідок тривалого перебування в режимі «виживання»;

психологічна травматизація - когнітивні тригери та підсвідомі асоціації (наприклад, перебування в метро, замкненому просторі чи натовпі), що реактивують досвід минулої безпорадності;

соматичний статус - наявність супутніх патологій, таких як серцево-судинні порушення, дисфункція щитоподібної залози (гіпертиреоз) чи респіраторні захворювання.

генетична схильність.

Для верифікації діагнозу згідно з критеріями DSM-5 та МКХ-11 необхідна наявність щонайменше чотирьох симптомів із трьох основних груп. Після завершення нападу пацієнти зазнають глибокого психофізичного виснаження та когнітивної дезорієнтації, що підкреслює індивідуальну важкість перебігу даного стану.

Таким чином, стрімке зростання частоти панічних атак серед населення України є безпосереднім маркером кумулятивного впливу воєнного дистресу на психоемоційну сферу. Мультифакторна природа цього стану, що поєднує нейробіологічну вразливість, соматичні чинники та психологічні тригери, вимагає комплексного підходу до діагностики та терапії. Своєчасна психоосвіта, диференціація панічних атак від соматичних патологій та залучення доказових методів психотерапії (зокрема, когнітивно-поведінкової) є критично важливими для запобігання хронізації тривожних розладів та забезпечення психосоціальної дезадаптації громадян у кризовий період. Специфіка клінічних проявів панічних атак в умовах війни потребує подальшого поглибленого вивчення для розробки ефективних протоколів швидкої психологічної допомоги.

Література

1. Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://moz.gov.ua>
2. ЮНІСЕФ URL: <https://www.unicef.org/>